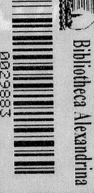
الجزء الأول

...نات الإليكترونية الحديثة

خصائصها - تطبيقاتها - قياساتها

مهندس :
عاطف حليم

دار النشر هاتييه



سلسلة الدراسات الإليكترونية للفنيين

الجزء الأول

المكونات الإليكترونية الحديثة

خصائصها - تطبيقاتها - قياساتها



دار النشر هاتييه

مهندس :
عاطف حليم

مقدمة المؤلف ......

الحمد لله الذي أعانني علي إكمال هذا الكتاب وإخراجه بهذه الصوره ، وفي الحقيقه فإن موضوع هذا الكتاب يعد أساسيا وحيويا لكل من يعمل بمجال الاليكترونيات والأجهزة الاليكترونيه سواء في مجال التعليم أو الأنتاج أو الصيانه .... الخ .
وتنبع أهمية هذا الكتاب من أنه يشتمل على غالبية المكونات التي يمكن أن يجدها الفني أو المتخصص في مجال عمله ، وبالطبع فإن الكتاب لايناقش جهاز معين أو نظام معين وإنمايتعرض للماده بطريقه عامه وشامله لتتسع بذلك قاعدة المنتفعين به ويكون دليلا وافيا بقدر الامكان لكل المهتمين بهذا المجال .
ويمكن تقسيم مادة الكتاب الي ثلاثة أجزاء رئيسيه كمايلي :

١- دراسة كامله لجميع عناصر ومكونات الدوائر الإليكترونيه من حيث خصائصها ، تطبيقاتها ، قياستها ، أشكالها الحقيقيه .
٢- الأساليب الفنيه في التعرف علي المكونات الاليكترونيه من رموزها وأطرافها وأشكالها .
٣- الأسس العامه في لحام المكونات الاليكترونيه بالدوائر وكذلك فك اللحام وعمل الدوائر المطبوعة.

والبنود السابقه هي محتويات الكتاب بوجه عام ، وفي الحقيقه فإن هذا الكتاب بهذه المحتويات يعد الجزء الأول في سلسلة الدراسات الاليكترونيه للفنيين والمتخصصين ، والتي نرجو من الله أن تكتمل كما نتمناها وكما يتمناها القارئ .
وإنني إذ أشكر الله تعالي علي مأعطاني من قدره علي العمل والاستمرارلا أستطيع أن أنسي الـدور العظيم الذي قام به كبار مؤلفي الكتب في هذا المجال مما أثري المكتبه العلميه بالمزيد من الموسوعات والمراجع
أيضا لايفوتني أن أشكر القارئ الكريم علي تشجيعه المستمر والذي ظهر واضحا في كتبي السابقه ، في هذا المجال وأتمني أن يوفقني الله في أن أقدم دائما كل ماهو جديد ونافع .

والله ولي التوفيق
المؤلف .

القاهرة فى يناير ١٩٨٩



البــاب الأول

المكونات الاليكترونيه الحديثه

رقم الصفحه

- احتياطيات أمان أثناء التعامل مع الدوائر الكهربيه ١٣

أولا : المكونات الغير فعاله

- المقاومات Resistors ١٥

أنواع المقاومات ١٥

وحدات قياس المقاومه ١٩

كود الألوان وطريقة قراءة المقاومه الملونه ٢٠

- المكثفات Capacitors ٢٣

نظام عمل المكثف ٢٣

سعة المكثف ٢٤

انواع المكثفات ٢٤

اسلوب قراءة قيم مكثفات الملونه ٢٨

نماذج من المكثفات ٣٠

- ملفات الحث Inductors ٣٣

ملفات الحث ٣٣

قلب ملف الحث ٣٣

ملفات الحث المتغيره ٣٤

استخدام الشرائح في تصميم قلب الملف ٣٤

نماذج من ملفات الحث المستخدمه في الدوائر الاليكترونيه ٣٥

المحولات Transformers ٣٧

الرموز المستخدمه للتعبير عن المحول ٣٧

تطبيقات المحولات ٤٠

- المتابعات Relay ٤١

ثانيا : عناصر أشباه الموصلات

- مقدمه عامـــه ٤٢

ذرات السيليكون والجرمانيوم ٤٢
الرابطه التساهميه في أشباه الموصلات ٤٣
تكوين البللوره السالبه (N) ٤٤
تكوين البللوره الموجبه (P) ٤٥

- الثنائي Dolde ٤٧

الرمز الأساسي المستخدم للتعبير عن الثنائي ٤٧
الأشكال التي يمكن أن يظهر بها الثنائي ٤٨
منحني خصائص الثنائي ٤٩
اختبار الثنائي بواسطة الأوميتر ٤٩
ملاحظات علي القياس ٥٠
نماذج من الثنائيات ٥١

- ثنائي الزينر Zener diode ٥٢

منحني الخصائص ونظام العمل ٥٢
تنظيم الجهد بواسطة ثنائيات الزينر ٥٣
نماذج من ثنائيات الزينر ٥٤

- ثنائي الفاراكتور ٥٥

نظرية العمل ٥٥
الرموز المعبره عنالفاراكتور ٥٦

- الترانزستور Transistor ٥٧

البناء العام للترانزسستور ٥٧
توصيل الترانزستور بمنابعالتغذيه ٥٨
بعض الحقائق عن الترانزستور ٥٩
إختبار وقياس الترانزستور ٦٠
نماذج من الترانزستور ٦٧

ترانزستورات التاثير المجالي Field Effect Transistor ٧١
مقدمه ٧١
(أ) ترانزستور التاثير المجالي J.F.E.T ٧٢
نظرية تشغيل الترانزستو ر J.F.E.T ٧٣
نماذج من الترانزستو J.F.E.T ٧٤
الفرق بين الترانزستور J.F.E.T و الترانزستور ثنائي القطبيه ٧٤
(ب) ترانزستور التاثير المجالي ذو البوابه المعزوله M.O.S.F.E.T ٧٦
تكوين النرانزستور M.O.S.F.E.T ٧٦
نظرية العمل ٧٦
نماذج من الترانزستور والدوائر المتكاملة M.O.S.F.E.T ٧٧
الثيرستور Silicon Controlled Rectifier ٧٨
النبأ العام للثيرستور ٧٨
نظام عمل الثيرستور ٧٨
تطبيقات الثيرستور ٧٩
ملاحظات ٨٠
نماذج من الثيرستور ٨١
الترياك Triac ٨٣
بين للترياك و الثيرستور ٨٣
الدائرة المكافئة للترياك ٨٤
نظام عمل الترياك ٨٥
نماذج من الترياك ٨٦
الدياك Diac ٨٧
البناء الأساسي للدياك ٨٧
نظام عمل الدياك ٨٧
تطبيقات الدياك ٨٨
دائرة خفض الإضاءه ٨٩

سويتش التحكم السيليكوني Silicon Controlled Switch	٩١
الدوائره المتكامله Integrated Circuit	٩٢
تعريف الدائره المتكامله	٩٢
تصنيف الدوائر المتكامله	٩٢
مزايا استخدام الدوائر المتكامله	٩٢
عيوب اتسخدام الدوائر المتكامله	٩٣
مثال علي دوائر متكامله من النوع ثنائي القطبيه	٩٤
تصنيع المقاومه	٩٤
تصنيع المكثف	٩٤
أغلفة الدوائر المتكامله	٩٥
نماذج من الدوائر المتكامله	٩٦
المكبرالتشغيلى Operational Amplifier	٩٨
الرمز المستخدم للتعبير عن المكبرات التشغيليه	٩٨
الشكل الخارجي للمكبر التشغيلي	٩٨
المكبر التشغيلي المثالي	٩٩
المكبر التشغيلى الفعلى	١٠٠
المكونات الداخليه للمكبر التشغيلي	١٠١
بعض تطبيقات المكبر التشغيلي	١٠٢
١- دائرة المكبر الغير عاكس	١٠٢
٢- دائرة المكبر العاكس	١٠٤
٣- دائرة تابع الجهد	١٠٤
٤- دائرة مكبر الجمع	١٠٥
مثال علي أحد المكبرات التشغيليه	١٠٦

ثالثا : أنظمة الحمايه بالدوائر

المنصهر (الفيوز)	١٠٧
الثرموستات ثنائي المعدن	١٠٩

رابعا : العناصر الضوئيه

خصائص الضوء ١١٠
خلية التوصيل الضوئي ١١٢
الخليه الشمسيه ١١٤
الثنائ الضوئي ١١٦
الترانزستور الضوئي ١١٨
ثنائي الأنبعاث الضوئي L.E.D ١٢١
الثيرستور الضوئي ١٢٢
ثنائي الليزر ١٢٣

الباب الثاني

الوسائل المستخدمه للتعرف علي المكونات الاليكترونيه

١- التعرف علي المكونات الاليكترونيه من مظهرها الخارجي ١٢٩
٢- قراءة قيمة العنصر ١٢٩
٣- الطريقه الصحيحه لتوصيل العنصر ١٢٩
٤- رموز المكونات الأليكترونيه ١٣٠

الباب الثالث

مبادئ وأسس لحام المكونات الاليكترونيه وعمل الدوائر المطبوعه

مقدمه
بعض الاعتبارات التي يجب مراعاتها أثناء التوصيل علي اللوحات ١٣٧
تثبيت المكونات الاليكترونيه ١٣٧
اعتبارات هامه في عملية اللحام ١٣٨
أمثله تطبيقيه ١٤٢
فك لحام المكونات الايكترونيه من الدوائر ١٤٤
طي الأسلاك ١٤٨
الدوائر المطبوعـه ١٤٩

الباب الأول

المكونات الإليكترونيه الحديثه

MODERN ELECTRONIC COMPONENTS

إحتياطات أمان أثناء التعامل مع الدوائر الكهربيه

تمثل الأجهزة والدوائر الكهربيه خطرا جسيما على العاملين بها فى حالة عدم اتباع تعليمات وأصول العمل فيها والتى تحافظ على الأنسان من الصدمات الكهربيه، الحريق، الانفجارات،... الخ .

ومن المعروف أنه كلما ازداد فرق الجهد فإن التيار الناشىء عنه يزداد والذى يؤثر على الأنسان بالصدمات الكهربيه المعروفه ، ولذلك فإن الاشخاص الذين يعملون فى أجهزة الضغط العالى يجب عليهم استخدام معدات خاصه لتأمين أنفسهم .

وفيما يلى بعض احتياطات الأمان الواجب مراعاتها :

١ - لاتعمل بالدوائر الكهربيه وأنت مجهد جسميا أو ذهنيا او عند تناول أحد الأدويه التى تجعلك غير يقظ تماما.

٢ - لاتعمل فى إضاءه خافته .

٣ - لاتعمل فى منطقه رطبه .

٤ - استخدم المعدات المناسبه لنوع العمل وكذلك أجهزة الوقايه .

٥ - لاتعمل وانت مبلل أوملابسك مبلله .

٦ - إبعد كل الاجزاء المعدنيه الزائده من منطقه العمل .

٧ - لاتفترض أن الدائره فى الوضع OFF بإستخدام المفتاح ON-OFF لأنه ربما يكون المفتاح نفسه غير صالح .

٨ - حافظ على معداتك وأدواتك فى حاله جيده .

٩ - تأكد من أن المكثفات مفرغه من الشحنه وخاصة فى القيم الكبيره .

١٠- لاتنزع طرف أرضى الجهاز وتأكد من ان كل أطراف الأرضى موصله .

١١- إستخدم طفاية الحريق المناسبه ولاتستخدم الماء فى إطفاء الحرائق الكهربيه لأن الماء يزيد من توصيلية الكهرباء .

١٢- عند استخدام أى محاليل كيميائيه إتبع التعليمات الخاصه بذلك بدقه تفاديا لأى إشتعال أو انفجار عشوائى .

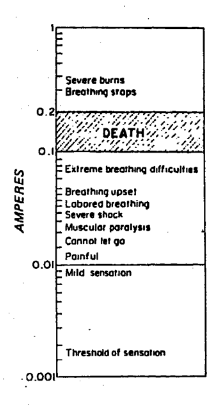
١٣- عند إستبدال أحد المكونات الاليكترونيه يجب إستبداله بنفس الجزء المناظر وخاصـــه فى المكونات التى لها أهميه خاصه فى الدائره .

١٤- إستخدم ملابس واقيه اثناء التعامل مع صمامات التفريغ العالى مثل شاشات التليفزيون .

١٥- إتبع تعليمات الأمان المدونه بواسطة المصنع حيث أن لها أهميه خاصه .

١٦- عند تداول المكونات بالدائره يجب نزع كابل إمداد القدره أولاً .

ويوضح الشكل التالى التاثيرات المختلفه التى يمكن أن تحدث على جسم الإنسان عند قيم مختلفه من التيار الكهربى .



شكل (١-١) التاثيرات التي تظهر علي جسم الإنسان عند تعرضه لصدمات كهربيه مختلفة الشدة

اولا المكونات الغير فعاله

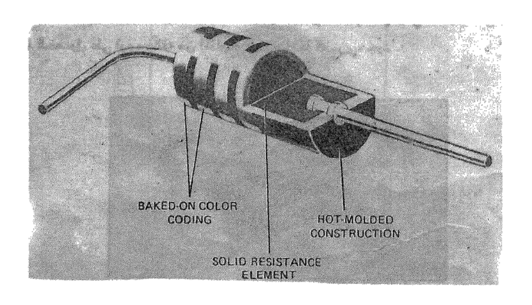


المقاومات RESISTORS

المقاومه هى عنصر يستخدم فى الدوائر الاليكترونيه لتجزىء التيارات والجهود الكهربيه، وهناك أنواعا خاصه من المقاومات تعتمد فى عملها على الجهد الكهربى المعطى عليها أو على الضوء الساقط عليها .

أنواع المقاومات

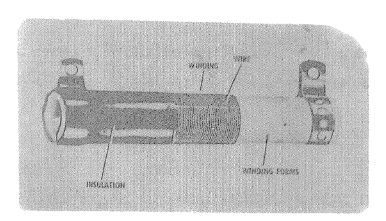
١- **المقاومة الكربونية** : هى أكثر انواع المقاومات إستخداما فى الدوائر الإليكترونيه ، وتصنع على نطاق واسع بقيم تصل من جزء من الأوم الى ملايين الأوم ، وتصنع هذه المقاومات بمعدلات قدره مختلفه تتراوح بين ٢٥ر- وات ، ٥ر- وات ، ١ وات ، ٢ ، وات ويظهر فى شكل (١-٢) البناء الأساسى للمقاومه الكربونيه .



شكل (١-٢) قطاع يوضح بناء المقاومه الكربونيه

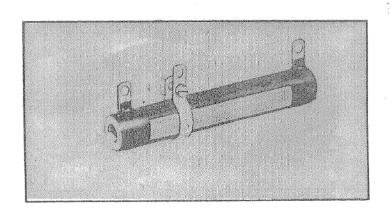
مقاومات القدره :

هي عباره عن سلك أومي ملفوف على مشكل من السيراميك كما فى شكل (١-٣) ، وتستخدم فى دوائر القدره العاليه ذات التيار العالى .



شكل (١-٣) قطاع في أحد مقاومات القدرة

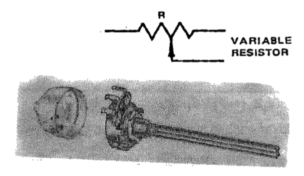
أيضا فإن هناك نوعا خاصا من مقاومات القدره يظهر فى شكل(١-٤) وهي تحتوى على زالق قابل للضبط للحصول على قيم مختلفه من المقاومه لاستخدامها كمجزىء جهد .



شكل (١-٤) أحد مقاومات القدرة القابله للضبط

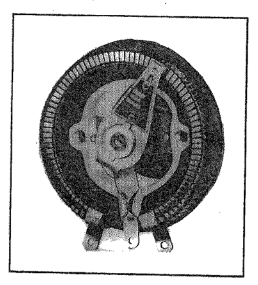
٣- المقاومات المتغيره :

هذا النوع من المقاومات له إستخدامات واسعه أهمها هو استخدامها فى صورة بوتنشميتر كما فى شكل (١-٥) والذي يوضح أيضا الرمز المستخدم للتعبير عن هذا النوع من المقاومات .



شكل (١-٥) البوتنشميتر ويظهر الي أعلي الرمز المستخدم للتعبير عنه

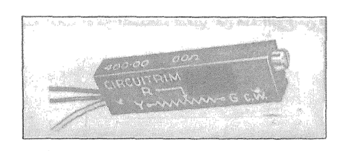
ايضا فإن هناك أحد أنواع المقاومات المتغيره والذى يظهر فى شكل حلقه كربونيه مصنعه خصيصا لتطبيقات القدره المنخفضه ، او فى شكل سلك دائرى ملفوف يستخدم لتطبيقات القدره العاليه ، ويتم التحكم فى قيمة المقاومه عن طريق ذراع يدور على جسم المقاومه كما فى شكل (١-٦) .



شكل (١-٦) بوتنشميتر عبارة عن سلك ملفوف في شكل دائري

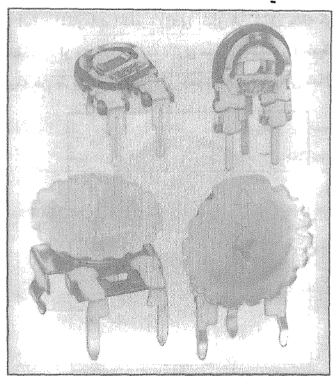
وتحتوى هذه المقاومه على ثلاثة أطراف ، واحد عند كل نهايه من نهايات المقاومه الكليه وثالث متصل بالذراع المتحرك .

وهناك نوع اخر من المقاومات المتغيره يظهر فى شكل (١-٧)يتم ضبط قيمته بواسطه إدارة مسمار التحكم بإستخدام (مفك) لتعطى قيما متغيره .



شكل (١-٧) بوتنشميتر قابل للضبط (screw driver - adjust trimmer)

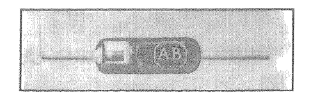
ويوضح شكل (١-٨) أنواعا أخري من المقاومات المتغيرة .



شكل (١-٨)
بعض الأنواع الخاصه من المقاومات
المتغيرة (trimer Potentiometer)

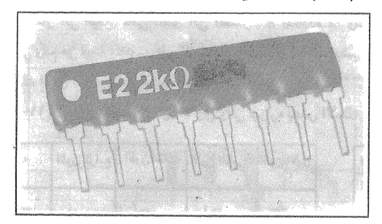
٤- المقاومات الغشائيه film resistors

تصنع هذه المقاومات عادة بواسطة ترسيب طبقه أوميه على انبوبة خزفية ، ويتم توصيل أطرافها بالأنبوبة كما فى شكل (١-٩) وهى تتميز بدقه عاليه فى التصنيع وفى الأداء .



شكل (١-٩) المقاومه الغشائيه (film resistor)

كما يظهر في شكل (١-١٠)أحد النماذج الخاصه من مقاومات الغشاء السميك (thick film resistor)



شكل (١-١٠) مقاومة الغشاء السميك (thick film resistor)

وحدات قياس قيمه المقاومه

تقاس قيمه المقاومه بوحدة الأوم ويرمز له بالرمز " Ω "

ونظرا لأن الأوم هو قيمه صغيره جدا بالنسبه للمقاومات فإن هناك بعض الوحدات الاكبر كما يلى :

الكيلو أوم = ١٠ ^{٣} أوم وتكتب KΩ

الميجا أوم = ١٠ ^{٦} أوم وتكتب M Ω

ويتم كتابه قيمه المقاومه على جسم المقاومه نفسها وخاصة إذا كان حجم المقاومه مناسبا للكتابه عليه.

وهناك بعض الأساليب المختلفه للشركات المصنعه للمقاومات فى التعبيرعن قيمه المقاومه نوجزها فيما يلى :

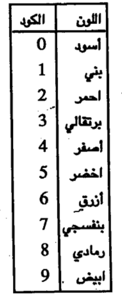
R18 = 0.18 Ω	1 Ko = 1K Ω
1 Ro = 1 Ω	68 K = 68K Ω
3 R8 = 3.8 Ω	1 Mo = 1M Ω
47R = 47 Ω	22M = 22M Ω

كود الألوان وطريقه قراءة المقاومه الملونه :

يستخدم كود الألوان عادة للتعبير عن قيمة المقاومة الكربونيه لتعذر الكتابه عليهابسبب صغرحجمها وتلاحظ في الوضع العادي أن المقاومه تحتوي علي أربعة شرائط ملونه يكون أحد هذه الألوان ذهبى أو فضى ، ويعبر عن المسموحات فى قيمة هذه المقاومه والذى يعطى دلاله على مدى الدقه التى صنعت بها المقاومه .

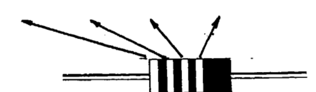
وتكون القراءة من اليسار الى اليمين حتى تصل الى المسموحات المحدده ، وتشير الأرقام الأولي والثانيه الي أول وثاني رقم في قيمة المقاومه علي الترتيب ، أما اللون الثالث فيشير الي عدد الأصفار (المضاعف) ، يلي ذلك اللون الرابع والذي يشير الي المسموحات .

ويظهر فى شكل (١-١١) الجدول المعبر عن كود الألوان والى جواره بعض الأمثله



اللون	الكود
أسود	0
بني	1
احمر	2
برتقالي	3
أصفر	4
اخضر	5
أزرق	6
بنفسجي	7
رمادي	8
ابيض	9

المسموحات	القيمه	اللون الرابع	اللون الثالث	اللون الثاني	اللون الأول
١٠٪	3900	فضي	أحمر	أبيض	برتقالي
٥٪	22000	ذهبي	برتقالي	أحمر	أحمر
٢٠٪	10	—	اسود	اسود	بني



شكل (١-١١) الجدول المعبر عن كود الألوان والي جواره بعض الأمثلة للمقاومات الملونه

ملاحظات

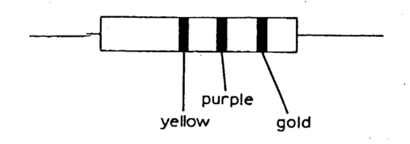
* بالنسبه للمسموحات فإنها تكون ١٠٪ بالنسبه للون الفضى و٥٪ للون الذهبى وفى حالة عدم وجود لون يعبر عن المسموحات فإنها تعتبر ٢٠٪ وعلى سبيل المثال فإن المقاومه الأولي في المثال السابق والتى تكون قيمتها (10% ± 3900) أوم تتراوح بين القيمتين التالتين :

أقصى قيمه $3900 + 390 = 4290\ \Omega$

أقل قيمــه $3900 - 390 = 3510\ \Omega$

* بالنسبه للقيم من١ أوم الى ١٠ أوم نجد أن الطريقه السابقه لاتصلح لأن أقل قيمه يمكن قراءتهــا بواسطة الطريقه السابقه هى ١٠ أوم (بنى – إسود – إسود) ، وعلى ذلك فإنه بالنسبه للقيم مــن ١ أوم الى ١٠ أوم يستخدم لونين فقط بدلا من ثلاثه للتعبير عن قيمه المقاومه ، وذلك كما فى المثال الموضح في شكل (١–١٢) .

* فى بعض الأنواع من المقاومات ذات الدقه العاليه يتم استخدام اللون الأحمر فى المسموحات للتعبير عن المسموحات ٢٪ أو اللون البني للتعبير عن المسموحات ١٪.



شكل (١–١٢) مقاومه ملونه قيمتها ٤.٧ أوم

* يمكن إستخدام خمسة ألوان فى بعض الأحيان للتعبير عن قيمة المقاومه وفى هذه الحاله تستخدم الألوان كما يلى : لبيان القيمة

١– اللــون الأول : يعبر عن الرقم الأول فى قيمة المقاومه

٢– اللون الثانى : يعبر عن الرقم الثانى فى قيمة المقاومه

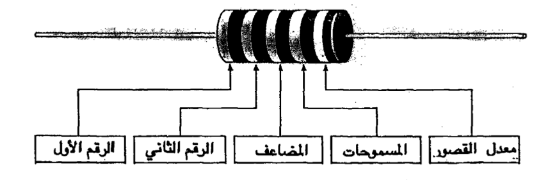
٣- اللون الثالث : يعبر عن عدد الأصفار (المضاعف multiplier)

٤- اللون الرابع : يعبر عن المسموحات فى قيمة المقاومه

٥- اللون الخامس : يعبر عن معدل القصور (failure rate)

ويعبر الاصطلاح " failure rate " عن إمكانية الاعتماد على المقاومه فى الدائره ، وبمعنى آخر ، النسبة المئويه للقصور لكل ١٠٠٠ ساعه تشغيل وعادة مايحذف هذا اللون اذا كان معدل القصور غير محدد .

ويظهر فى شكل (١-١٣) نظام التعبير عن قيمة المقاومه بإستخدام خمسة ألوان .

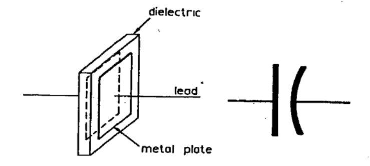


شكل (١-١٣) نظام التعبير عن قيمة المقاومه بإستخدام خمسة ألوان



المكثفات CAPACITORS

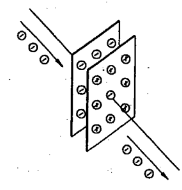
يستخدم المكثف فى تخزين الطاقه الكهربيه بواسطه شحنها ثم تفريغها فى أزمنه معينه تعتمد على ظروف الدائره والغرض منها . ويتكون المكثف من لوحين معدنيين متوازيين مفصولين بعازل (dielectric)حيث توصل أطرافه باللوحين . ويظهر فى شكل(١-١٤) البناء العام للمكثف والى جواره الرمز المعبر عنه .



شكل (١-١٤) البناء العام للمكثف والي يمينه الرمز المعبر عنه

نظام عمل المكثف

تصل الالكترونات المتدفقه فى الدائره الى أحد الألواح وتختزن عليه ، هذه الالكترونات تجبر كميه مماثله من الكترونات اللوح الآخر لأن تغادر هذا اللوح ليتبقى عليه شحنه موجبه وبذلك يظهر فرق الجهد بين طرفى المكثف وذلك كما فى شكل (١-١٥) ويلاحظ انه من المفروض عدم مرور الشحنات الكهربيه خلال العازل ، هذا بالنسبه للمكثف السليم .



شكل (١-١٥) نظام شحن المكثف

سعة المكثف :

السعه هى كميه الكهربيه التى تختزن لكل واحد فولت ، وتقاس بوحدة الفاراد ، والمكثف الذى تكون سعته ٢ فاراد على سبيل المثال يختزن كمية كهربيه ضعف التى يختزنها المكثف ١ فاراد اذا تعرض كلاهما لنفس فرق الجهد ، وعلى أى حال فإ ن الفارادهو قيمه كبيره جدا وعلى ذلك فإنه يستخدم وحدات أصغر كما يلى :

الللى فاراد = ١٠^-٣ فاراد وتكتب mf

الميكرو فاراد= ١٠^-٦ فاراد وتكتب µf

النانوفاراد = ١٠^-٩ فاراد وتكتب nf

البيكوفاراد = ١٠^-١٢ فاراد وتكتب pf

ويمكن تعريف الفاراد بأنه سعة المكثف الذي يسبب تدفق تيارا يساوي ١ أمبير من تيار الشحن وذلك عندما يتغير الجهد المعطي بمعدل ١ فولت لكل ثانيه .

ويمكن حساب سعة المكثف بإستخدام القانون التالي :

$$C = \frac{Q}{V}$$

C... .سعة المكثف بالفاراد.

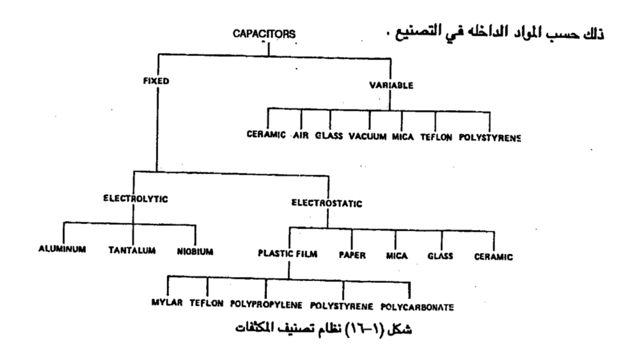
V..... فرق الجهد بين طرفي المكثف بالفولت.

Q..... الشحنه المختزنه علي المكثف بالكولوم .

انواع المكثفات

عادة ما تسمي المكثفات حسب نظرية عملها أو حسب المواد الداخله في تصنيعها ، ويشرح شكل (١-١٦) نظام تصنيف المكثفات حيث نجد انها تكون اما ثابته القيمه أو متغيرة القيمه ثم تقسم بعد

ذلك حسب المواد الداخله في التصنيع .

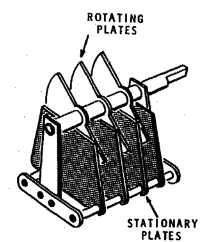


شكل (١-١٦) نظام تصنيف المكثفات

وفيما يلي نستعرض أهم انواع المكثفات

١- المكثفات الهوائية المتغيره

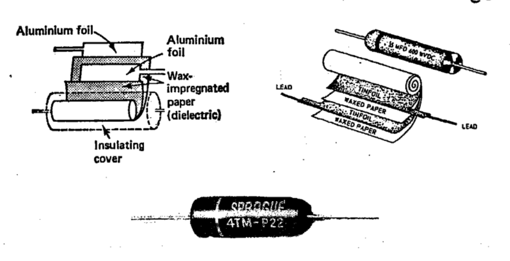
يتكون هذا النوع من المكثفات من مجموعة الواح معدنيه يدار فيما بينها مجموعة من الألواح المتحركه ويفصل بينها عازل هوائي، وبواسطة ادارة هذه الألواح يتم التحكم في سعة المكثف ، ويظهرهذاالنوع في شكل (١-١٧) ويستخدم علي نطاق واسع في دوائر التوليف (tuning).



شكل (١-١٧) أحد نماذج المكثفات الهوائية المتغيره

٢- المكثفات الورقيه

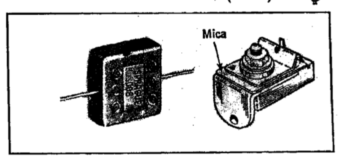
المكثفات الورقيه هي أحد الأنواع الشائعه جدا من المكثفات الثابته ، والمكثف الورقي عباره عن طبقتين من شرائح معدن رقيق مفصولين بواسطة الورق المشمع أو أي عازل ورقي آخر. وتلف هذه المجموعه علي شكل إسطوانه وتحاط بأنبوبه ورقيه أو كابسوله من البلاستيك . وتخرج الأطراف من نهاية المكثف ويتم توصيلها بشرائح المعدن ، ويظهر في شكل (١-١٨) بعض انواع هذه المكثفات.



شكل (١-١٨) بعض أشكال المكثفات الورقيه ونظام تصنيعها.

٣- مكثفات الميكا

هي عبارة عن شرائح من الواح معدنيه رقيقه مفصوله بواسطة شرائح الميكا ويبرز منهاطرفي التوصيل ، وتغلف المجموعه كلها في كابسوله بلاستيك ، ويتميز هذا النوع بمعدلات جهد عاليه وسعه منخفضه ، ويظهر كما في شكل (١-١٩) .

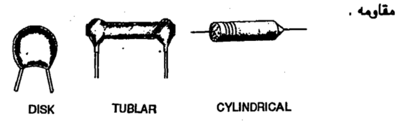


شكل (١-١٩) بعض النماذج من مكثفات الميكا

٤- المكثفات الخزفيه Ceramic capacitor

مع تطور النظم الاليكترونيه ظهرت الحاجه الي مكثفات صغيرة الحجم تتمتع بصلابه عاليه ، و قد صممت المكثفات الخزفيه لتحقق هذه المتطلبات حيث تتراوح قيمها بين ٠,١ ميكروفارد ، ٣.٣ بيكوفاراد ، ويمكن استخدامها في دوائر الجهد العالي والقدره المنخفضه (حتي٣٠٠٠٠ فولت) ، ويظهر في شكل (١-٢٠) بعض انواع هذه المكثفات.

وبالنسبه للنوع الأنبوبي (tublar) نجدانه يتكون من أسطوانه مجوفه من السيراميك مغطاه من الداخل والخارج بطلاء الفضه ، ويتم تثبيت التلامسات في نهايتي الجزء الأسطواني ، ويتميز هذا النوع بصغر حجمه لذا فإن قيمته عادة تحدد بالألوان مما يعطي انطباعا خاطئا بأنه مقاومه .



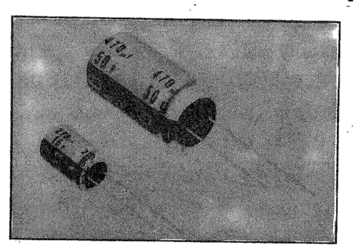
شكل (١-٢٠) بعض نماذج المكثفات الخزفيه

٥- المكثفات الاليكتروليتيه:

يصنع هذا النوع باستخدام شريحه رقيقه من الألمونيوم المغطاه بالاكسيد بواسطة عمليه اليكتروكيميائيه. هذه الشريحه تغطي بطبقه ثانيه من الورق او الشاش المشبع بعجينه اليكتروليتيه ، وعلي قمة هذا يوجد لوح معدني آخر يلامس الاليكتروليت.

وفي هذا النوع تكون الشريحه الأولي هي اللوح الموجب والطبقه الاكسيديه هي العازل والاليكتروليت هو اللوح الآخر للمكثف ، ويعمل اللوح المعدني الثاني كملامس للاليكتروليت وهو يمثل الطرف السالب ، وتلف هذه المجموعه مثل المكثف الورقي وتوضع في اسطوانه معدنيه تلامس الشريحه المعدنيه الخارجيه وتعمل كطرف سالب ، ويظهر في شكل (١-٢١) أحد نماذج

المكثفات الإليكتروليتيه.



شكل (١-٢١) أحد نماذج المكثفات الاليكتروليتيه .

ملاحظات هامه

- تتمتع المكثفات الاليكتروليتيه بسعه عاليه ويعيبها أن نسبة التسريب بها تكون عاليه نسبيا (التسريب هو مرور الشحنات من خلال العازل) وغالبية هذه المكثفات مستقطبه ، بمعني أن فرق الجهد بين طرفيها لابد أن يكون صحيح القطبيه ، فاذا عكست قطبية الدائرة يختل عمل المكثف وقد يمرخلاله تيار كبير ويؤدي ضغط الغاز المتولد في الداخل الي تصدع المكثف بعنف شديد في بعض الأحيان أيضا فإن المكثف الأليكتروليتي يحمل أقص نسبة سماحيه ممكنه .
- تتمتع مكثفات السلفز ميكا بأن لها قيما محدده ودقيقه كما أن نسبة التسريب فيها أقل مايمكن .
- أثناء شحن المكثف وعندما يشحن تماما فإن التيار يهبط للصفر وفي هذه الحاله اذا نزعت المكثف من الدائرة فإن الشحنه سوف تظل عليه ويمكن في هذه الحاله اعتباره منبعا للجهد .
- في دوائر الجهد العالي نجد أن المكثفات التي تحتفظ بالشحنه تمثل خطرا علي الأشخاص العاملين بالدائرة ، ولدواعي الأمان فإن المكثفات يجب أن تفرغ قبل تداولها ويمكن استخدام مفك معزول يصل بينها وبين الأرضي للتأكد من تفريغها قبل الأستخدام .

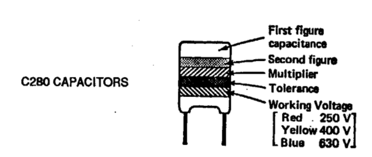
أسلوب قراءة قيم المكثفات الملونه

(أ) القاعدة العامة لقراءة سلسلة المكثفات C280:

يحتوي المكثف علي خمسة ألوان تستخدم الأربعه العلويه منها في تمثيل قيمة المكثف واللـون

الخامس في تمثيل قيمة جهد التشغيل .

ويوضح شكل (١-٢٢) أسلوب قراءة قيمة المكثف وذلك من خلال الجدول الموضح كما يوضح أن اللون الأخير عندما يكون أحمر فإن هذا المكثف يعمل حتي ٢٥٠ ڤولت ، وعندما يكون أصفر فإن هذا المكثف يعمل حتي ٤٠٠ ڤولت ، وعندما يكون أزرق فإنه يعمل حتي ٦٣٠ ڤولت .



Capacitance (pF)	Capacitance (μF)	Colours of bands			
		1	2	3	4
10000	0·010	brown	black	orange	black ± 20% tolerance
15000	0·015	brown	green		
22000	0·022	red	red		
33000	0·033	orange	orange		
47000	0·047	yellow	violet		
68000	0·068	blue	grey		
100000	0·10	brown	black	yellow	
150000	0·15	brown	green		
220000	0·22	red	red		
330000	0·33	orange	orange		white + 10% tolerance
470000	0·47	yellow	violet		
680000	0·68	blue	grey		
1000000	1·0	brown	black	green	
1500000	1·5	brown	green		
2200000	2·2	red	red		

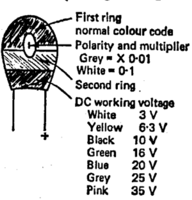
شكل (١-٢٢) اسلوب قراءة المكثفات الملونه C 280

(ب) أسلوب قراءة قيمة مكثف التنتاليوم (Tantalum)

يمكن التعرف علي اسلوب قراءة مكثف التنتاليوم Tantalum باستخدام شكل (١-٢٣).

لاحظ أنه عند وجود النقطه (dot) في المواجهه ، يكون الطرف الموجب هو الطرف الأيمـــن كما بالشكل ، لاحظ أيضا أن الحلقه الأولـي تمثل اللون الأول والحلقه الثانيه تمثل اللون الثاني والحلقه الثالثه تعطي جهد التشغيل بقيم مختلفه كما بالشكل ،أماالمضاعف (multiplier)

فيعطي بواسطة النقطه المتوسطه الموضحه بالشكل .

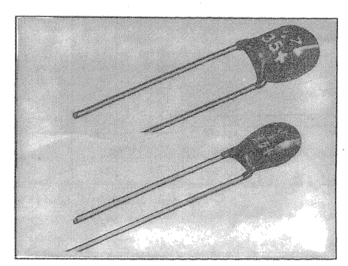


شكل (١-٢٣) أسلوب قراءة مكثف التنتاليوم (Tantalum)

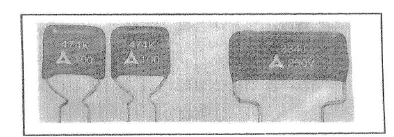
نماذج من المكثفات

فيما يلي نستعرض أهم انواع المكثفات المتداولة في مجال الدوائر الاليكترونيه طبقا للأنواع السابق ذكرها .

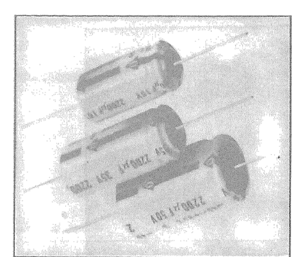
A) tantalium electrolytic capacitors

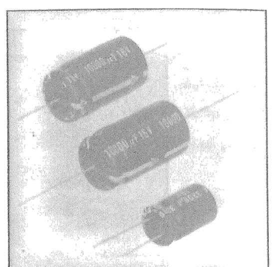


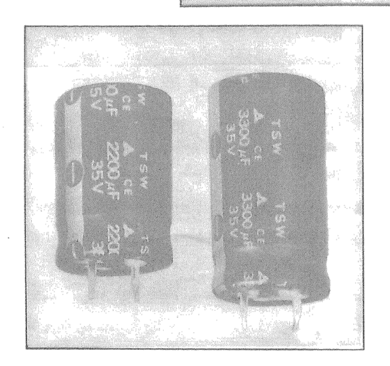
B:) metalized polyster capacitors



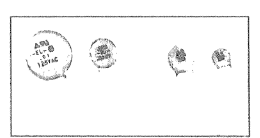
C) aluminum electrolytic capacitors



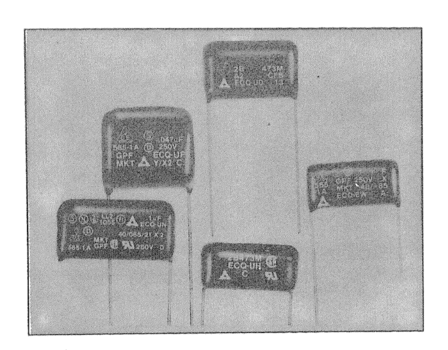




D) ceramic disc capacitors



E:) film capacitors





ملفات الحث INDUCTORS

ملفات الحث هي ملفات سلكيه لها قلب هوائي أو حديدي أو فيرايت وينشأ عن مرور التيار الكهربائي فيها تولد فيض مغناطيسي ، وتعرف قابلية الملف لانتاج الفيض المغناطيسي بالمحاثه (inductance) ويرمز لها بالرمز "L" وتقاس بوحدة الهنري .

وتعتمد قيمة "L" علي عدد لفات الملف وقيمة الفيض المغناطيسي والتيار المار بالملف .

$$L = \frac{N\phi}{I}$$

N... عدد لفات الملف ϕ.... الفيض المغناطيسي

I... التيار المار بالملف L.... المحاثه

وحتي نتعرف علي نظرية عمل ملفات الحث نذكر النقاط التاليه :

١- التغير في التيار المار بالملف ينتج مجال مغناطيسي متحرك

٢- المجال المغناطيسي المتحرك يقطع لفات الملف فينتج قوه دافعه كهربيه في الملف

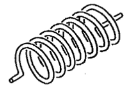
٣- القوه الدافعه الكهربيه المستحثه بالملف تعاكس التغير في التيار الذي يسببها بحيث اذا اتجه التيار للزيادة فإنها تقلله والعكس صحيح .

هذه الخاصيه جعلت ملفات الحث مفيدة في دوائر التيار المتردد حيث أن القوة الدافعة الكهربيه (المستحثه ذاتيا) والناتجه من تغير التيار يمكن ان تحد من التيار نفسه ، وطبقا لذلك تستخدم الملفات فيما يسمي بالملفات الخانقه (chock coils) .

قلب ملف الحث

تستخدم مادة القلب لكي تُزيد من التأثير الكهرومغناطيسي الناشئ بواسطة الملف وبذلك يزيد الحث الناشئ عند مرور تيار . وعادة مايستخدم الهواء أو الفيرايت كقلوب في ملفات الحث ، ويظهر في

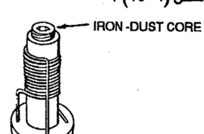
شكل (١-٢٤) نموذج لاحد ملفات الحث ذات القلب الهوائي .



شكل (١-٢٤) ملف الحث ذو القلب الهوائي

ملفات الحث المتغيرة

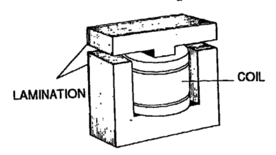
يستخدم هذا النوع من الملفات في تطبيقات عديدة حيث نجد انه يمكن الحصول بواسطته علي قيم مختلفه من الحث وذلك عن طريق ادارة القلب للداخل وللخارج والذي يشابه في مظهره المسمار "القلاووظ" ، ويظهر هذا النوع في شكل (١-٢٥) .



شكل (١-٢٥) بواسطة ادارة القلب للداخل وللخارج
يمكن تغيير الحث الناتج عن الملف

استخدام الشرائح في تصميم قلب الملف

يمكن في بعض الأحيان تصميم قلب الملف بحيث يكون عبارة عن مجموعه من شرائح الحديد اللين المعزوله عن بعضها ، ويظهر هذا النوع في شكل (١-٢٦).



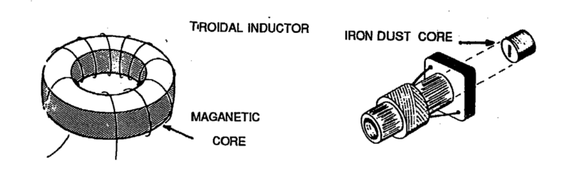
شكل (١-٢٦) قلب الملف في صورة شرائح معزوله

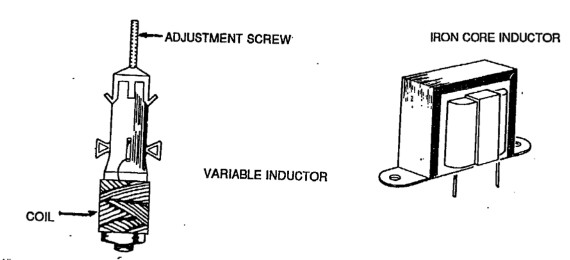
ويظهر في شكل (١-٢٧) الرمز المستخدم للتعبير عن ملف الحث والي اليسار الرمز المستخدم للتعبير عن الملف المستخدم كخانق (chock coil) .

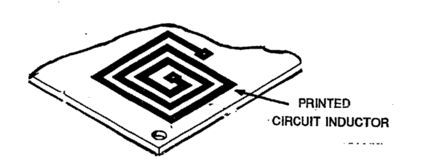


شكل (١-٢٧) الرموز المستخدمه للتعبير عن ملف الحث والملف الخانق

نماذج من ملفات الحث المستخدمه في الدوائرالإليكترونيه:

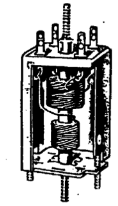




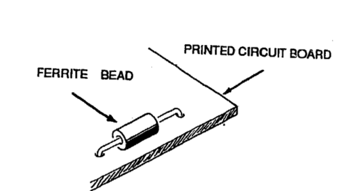


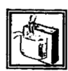


chock coil for radio



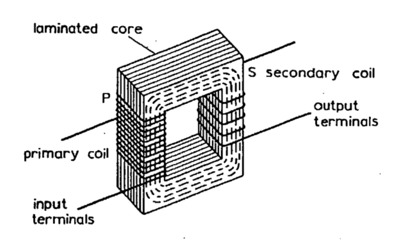
horizontal oscillator for tv.





المحول ببساطه هو عبارة عن ملفين أحدهما يطلق عليه الأبتدائي (primary) والثاني يطلق عليه الثانوي (secondary) .

عندما يمر التيار خلال الملف الأبتدائي يتولد مجالا مغناطيسيا يقطع لفات الملف الثانوي مسببا تولد قوه دافعه كهربيه حثيه فيه .



شكل (١-٢٨) البناء الأساسي للمحول

الرموز المستخدمه للتعبير عن المحول

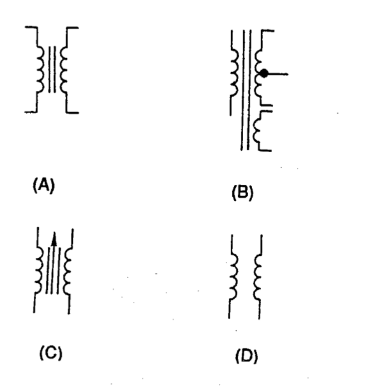
يوضح شكل (١-٢٩) بعض الرموز المستخدمه للتعبير عن المحول وهي كما يلي :

(A) محول بسيط يحتوي علي قلب

(B) محول يحتوي علي ملفين ثانوي مع وجود نقطه تفرع (center tap).

(C) محول يحتوي علي قلب قابل الضبط .

(D) محول يحتوي علي قلب هوائي .



شكل (١-٢٩) رموز التعبير عن المحول

ملاحظات :

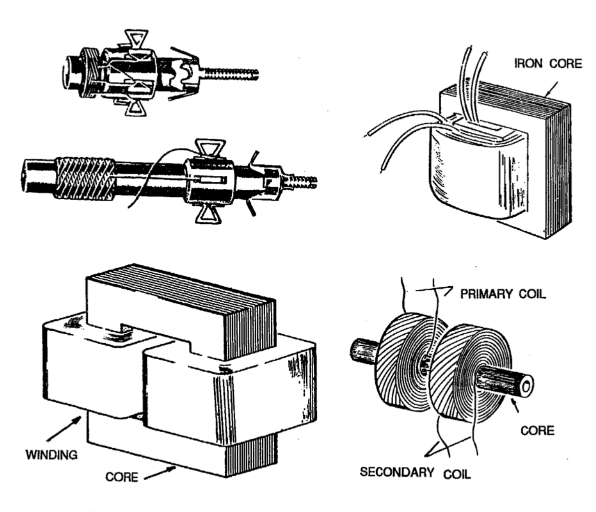
- تعتمد قطبية الجهد الناتج علي الملفات الثانويه (secondary voltage) عل اتجاه لف هذه الملفات ، وعموما فإن المحول يستخدم أحيانا كعاكس للأشارة ، ويوضح شكل (١-٣٠) (الجزء العلوي) اشارة الخرج معكوسه ١٨٠° عن اشارة الدخل بينما يشير الجزء السفلي الي أن الأشارتين متحدتين في الطور (in phase) ، وكما ذكرنا فإن اتجاه لف الملفات الثانويه هو الذي يحدد ذلك .



شكل (١-٣٠) انظمة التعبير عن المحول
كعاكس (الجزء الأيمن) وغير عاكس (الجزء الأيسر)

- عندما يكون عدد اللفات في الملف الثانوي اكبر من مثيلتها في الملف الأبتدائي فإن جهد الملف الثانوي يكون اكبر من جهد الملف الأبتدائي ويطلق علي هذا النوع من المحولات " محول رفع" (step-up transformer) ، بينما إذا كان العكس فإن جهد الملف الثانوي ينخفض ويطلق علي هذا النوع محول خفض (step-down transformer) .

ويظهر في شكل (١-٣١) بعض انواع المحولات المستخدمه في الأجهزه الأليكترونيه التي تعمل بالترانزستور.

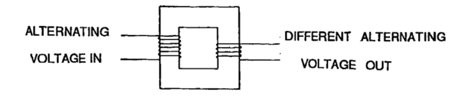


شكل (١-٣١) بعض أنواع المحولات المستخدمه في دوائر الترانزستور

تطبيقات المحولات :

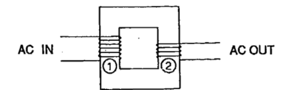
تستخدم المحولات في ثلاثة تطبيقات أساسيه وهي كما يلي:

١- تغيير قيمة الجهد : عندما يختلف عدد لفات الملفين الأبتدائي والثانوي وذلك كما في شكل (١-٣٢)



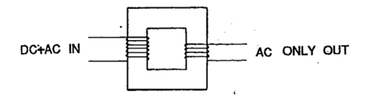
شكل (١-٣٢) استخدام المحول في تغيير قيمة الجهد

٢- عزل الدوائر : يتم امرار التيار المتردد بين الدائرتين ١ ، ٢ بدون توصيلهم كهربيا ، وذلك كما في شكل (١-٣٣) .



شكل (١-٣٣) استخدام المحول في عزل الدوائر

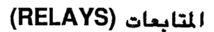
٣- حجز التيار المستمر : يتم امرارالتيارالمترددالي الملفات الثانويه وحجز التيار المستمر وذلك كما في شكل (١-٣٤) .



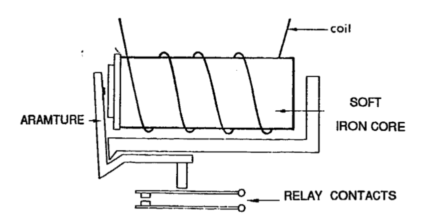
شكل (١-٣٤) إستخدام المحول في حجز التيار المستمر



المتابعات (RELAYS)



المتابع (relay) هو عبارة عن سويتش مغناطيسي يتكون من قلب من الحديد اللين (soft iron core) ملفوف حول ملف كما في شكل (١-٣٥) ، ويوجد امامه حافظه (armature) تتحكم في ملامسات الفتح والغلق (relay contacts) .



شكل (١-٣٥) المتابع المغناطيسي (relay)

عندما يمر التيار بالملف فإنه يشحن ويجذب الحافظه (armature) لكي يغلق نقط التلامس (contacts) أو يفتحها (حسب النظام المستخدم) ، وعندما ينقطع جهد الشحن فإن الياي (spring) يعيد الحافظه الي حالتهاالأصليه .

ويمكن ان يحتوي المتابع (relay) علي نقط تلامس عديدة لاستخدامه في أعمال الفتح المعقدة .

ومن مميزات المتابع (relay) سرعة الفتح والغلق للأجهزة والماكينات من مواقع بعيدة كما أن جهد وتيارات تشغيله تكون صغيرة بالنسبه لما تستهلكه هذه الماكينات .

وعندما ينتخب المتابع (realy) لاداء مهمه معينه في الدائره ، فإن هناك بعض الإعتبارات الهامة التي يجب الأخذ بها والتي تتعلق بالمواصفات الفنيه للملف المستخدم في المتابع ، وهي كما يلي :

١- مقاومة الملف (dc resistance) وهي مقاومة السلك المستخدم في تصنيع هذا الملف .

٢- تيار التشغيل (operating current) أو جهد الغلق (closing voltage) والتي تستخدم كمؤشرات لحساسية المتابع ، ويجب أن تتلاءم مع الغرض الذي يستخدم المتابع لأجله.

٣- يجب أن تكون نقط التلامس ملاءمه فنيا لتحمل التيارات المطلوبه في الدائره .

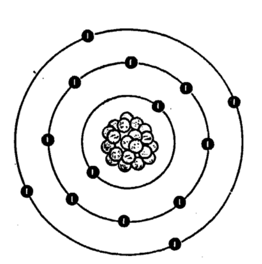
ثانيا : عناصر أشباه الموصلات semiconductors

مقدمه عامــه

من المعروف أن الذره هي أصغر جزء في العنصر وهي تحمل في خواصهاخواص هذا العنصر ، ويكون البناء الذري لكل عنصر مختلفا عن مثيله في بقيه العناصر مما ينتج عنه وجود العناصر المختلفه بخصائص مختلفه .

وطبقا لنظرية (بوهر) التقليديه فإن الذرة تحتوي علي نواه مركزيه محاطه بسحابه من الالكترونات سالبه الشحنه تدور في مدارات حول النواه هذه النواه ، تحتوي علي نوعين من الأجسام ، أحدهما موجب الشحنه ويطلق عليها (بروتونات) والثاني متعادل يطلق عليها (نيوترونات) .

ويوضح شكل (١-٣٦) البناء الذري لمادة السيليكون كمثال توضيحي .

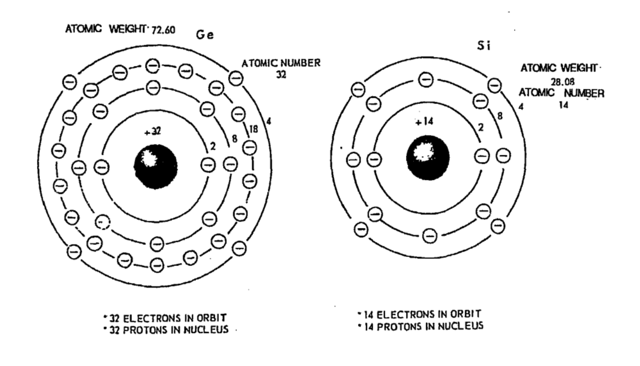


شكل (١-٣٦) البناء الذري لمادة السيليكون

ذرات السيليكون والجرمانيوم

تعتبر مادتي السيليكون والجرمانيوم من المواد المستخدمه علي نطاق واسع والتي تنتمي الي عائلة أشباه الموصلات (semiconductors) وتحتوي كل من ذرتي السيليكون والجرمانيوم علي أربعة الكترونات تكافؤ (الكترونات التكافؤ هي الكترونات الجدار الخارجي للذرة و تساهم في التفاعلات الكيمائيه) والأختلاف بينهماهو أن ذرة السيليكون تحتوي علي ١٤ بروتون في النواه بينما ذرة

الچرمانيوم تحتوي علي ٣٢ بروتون ، ويوضح شكل (١-٣٧) البناء الذري لكل منهما.

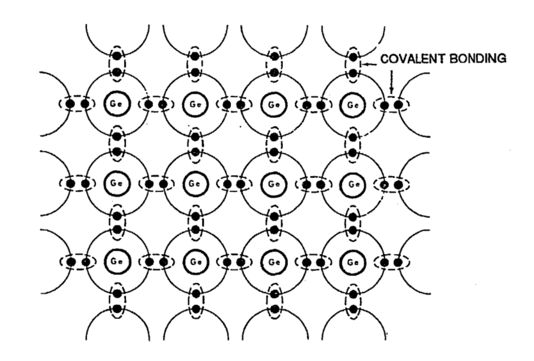


شكل (١-٣٧) البناء الذري لمادة السيليكون (الي اليمين)
ومادة الچرمانيوم (الي اليسار)

الرابطه التساهميه في أشباه الموصلات

حتي تتعرف علي اسلوب تكوين الرابطه التساهميه نستخدم شكل (١-٣٨) حيث يظهر نظام توزيع الكترونات المدار الخارجي لذرة الچرمانيوم ، وقد عرفنا من الشكل السابق أن ذرة الچرمانيوم تحتوي علي أربعة الكترونات في المدار الخارجي ، وحتي يكتمل نطاق التكافؤ للچرمانيوم فإنه لابد من وجود ثمانية الكترونات في المدار الخارجي وعلي ذلك فإن كل ذرة تشارك الذرات الأربع التي حولها في الكتروناتها بالصورة الموضحه في شكل (١-٣٨) والتي يطلق عليهـــا(الرابطه التساهميه) ، وفي هذه الرابطه تبدو الذرة وكأن حولها ثمانية الكترونات (الأربعه ذرات الأصلية وأربعة أخري بواسطة الرابطه التساهميه)، وبالتأكيد فإن الذرة في هذه الحاله لا تكون قابله للتوصيل حيث انه لايوجد

الكترونات حره لنقل الطاقه ، ويطلق علي هذا البناء (البناء البللوري).



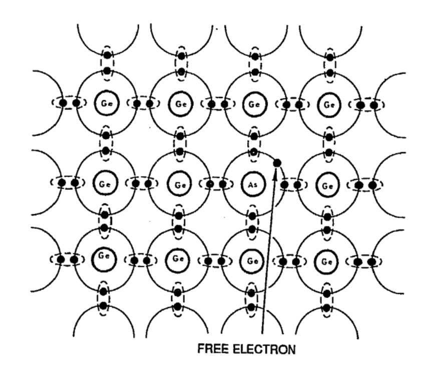
شكل (١-٣٨) الرابطه التساهميه في ذرات الجرمانيوم

تكوين البللوره السالبه (N)

لكي تتحول البللورة النقيه الي مادة قابله للتوصيل فإنه يتم تطعيمها بأحد المواد التي يطلق عليها (مواد شائبه) ، ومن أمثلة المواد الشائبه المستخدمه في تكوين البللوره السالبه ، مادة الفسفور (P) والأرزنك (AS) والأنتيمون (SB) ، وتشترك هذه المواد في خاصية احتواءها علي خمسة الكترونات خارجيه .

ويظهر في شكل (١-٣٩) أسلوب تكوين البللوره السالبه (N) حيث نجد ان كل أربعة الكترونات تكافؤ من الكترونات الماده الشائبه (الأرزنك) ترتبط في روابط تساهميه مع ذرة جرمانيوم ليكتمل المدار الخارجي لذرة الجرمانيوم ويتبقي الكترون زائد من الأرزنك يصبح حر الحركه خلال البللورة ، وبهذا الأسلوب يزداد عدد الالكترونات (السالبه) الحره ، وتتحول الماده الي بللوره سالبه،ويرمز

لها بالرمز (N).

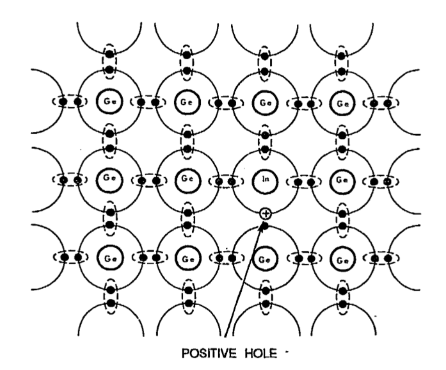


شكل (١-٣٩) التطعيم بالشوائب خماسية التكافؤ
لتكوين البللوره السالبه (N) ،

تكوين البللوره الموجبه (P)

بنفس الأسلوب يتم اضافة مادة شائبه الي مادة الجرمانيوم أو السيليكون ، ولكن في هذه الحاله يستخدم ماده شائبه ثلاثية التكافؤ مثل الأنديوم (IN) أو الجاليوم (GA) أو البورون (B).
الكترونات التكافؤ الثلاثه للانديوم كما في شكل (١-٤٠) ترتبط مع ذرات الجرمانيوم برابطة تساهميه وهنا نجد أن ذرة الجرمانيوم ينقصها الكترون واحد حتي يكتمل البناء الترابطي التساهمي وهذا يعني وجود فجوه (hole) والتي تمثل شحنه موجبه لها قدره قويه علي جذب الالكترون اذا كان بجوارها. بهذه الصوره يزداد عدد الفجوات ، أي عدد الشحنات الموجبه وتزداد معها ايجابية الماده وتصبح هذه الفجوات الموجبه مسئوله عن توصيل التيار في الماده وهنا يطلق علي الماده (بللوره

موجبه) ويرمز لها بالرمز (P).



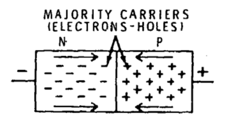
شكل (١-٤٠) التطعيم بالشوائب ثلاثية التكافؤ لتكوين البللوره الموجبه (P)

الثنائـــــي DIODE

الثنائي هو عنصر اليكتروني يحتوي علي طرفين (الأنود والكاثود) ، ويسمح بمرور التيار الكهربي بسهوله في اتجاه واحد ويمنع مروره في الأتجاه العكسي ، ويستمر مرور التيار خلال الثنائي عندما يكون جهد الانود موجب بالنسبه للكاثود (توصيل أمامي) ، ولا يمر الا تيار ضئيل جدا عندما يكون جهد الانود سالبا بالنسبه للكاثود (توصيل عكسي) ، وهكذا يمكن اعتبار الثنائي كمفتاح جهد يوصل في احد الاتجاهات ويفصل في الأتجاه الآخر .

ومن حيث البناء العام للثنائي نجده يتكون مـن بللورتين ، احدهما ساليه (N.crystal) والثانيه موجبه (P.crystal) كما بالشكل وقد سبق لنا دراسة اسلوب تكوين البللوره السالبه والبللوره الموجبه.

ويتم توصيل البللورتين معا بطرق تكنولوجيه متعدده ، ويستخدم شكل (١-٤١) لتمثيل توصيل البلورتين معا حيث يظهر الي اليمين البللوره (P) والتي تحتوي علي الفجوات الموجبه (holes) كحاملات للشحنه ، كذلك يظهر الي اليسار البللوره السالبه (N) والتي تحتوي علي الألكترونات السالبه كحاملات للشحنه ، ويطلق علي الخط الفاصل بينهما "وصله" (JUNCTION) ، وتشير الأسهم الموضحه بالشكل الي إتجاه حركة كل من تيار الفجوات وتيار الالكترونات .

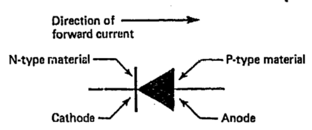


شكل (١-٤١) البناء العام للثنائي

الرمزالأساسي المستخدم للتعبيرعن الثنائي

يظهر في شكل (١-٤٢) الرمز الأساسي المستخدم للتعبير عن الثنائي والذي يشير الي البناء العام

للثنائي والذي شرحناه سابقا.

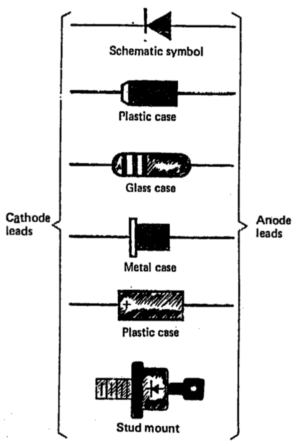


شكل (١-٤٢) الرمز الأساسي المستخدم للتعبير عن الثنائي
لاحظ هنا أن التيار الاليكتروني يمر من الكاثود الي الأنود

الأشكال التي يمكن أن يظهر بها الثنائي

يمكن أن يظهر الثنائي في عدة اشكال كما في شكل (١-٤٣) حيث يظهر في غلاف زجاجي أو معدني أو من البلاستيك .

وعادة مايستخدم المصنعين أساليبا عديده لتمييز الأطراف أيهما الانود وأيهما الكاثود وذلك كما بالرسم .



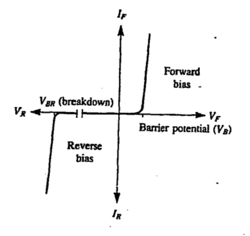
شكل (١-٤٣) الأشكال التي يمكن أن يوجد بها الثنائي

منحني خصائص الثنائي

كما عرفنا سابقا ان الثنائي يوصل في احد الاتجاهات [عندما يكون موصلا في الاتجاه الأمامي (forward)] كذلك فإنه يفصل في الاتجاه الآخر وتصبح مقاومته عاليه جدا .

ويوضح شكل (١-٤٤) منحني خصائص الثنائي في الحالتين والذي يمكن ايجازه في النقاط التاليه:

- يبدأ امرار التيار في الأتجاه الأمامي عندما يتعدي الجهد الأمامي مايسمي بالجهـد الحاجز (barrier voltage) والذي يبدأ بعده الثنائي في التوصيل كأي موصل عادي ، وتكون قيمة الجهد الحاجز ٧, ڤولت في ثنائيات السيليكون و٣, ڤولت في ثنائيات الجرمانيوم .
- الجزء السفلي مـن المنحني يمثل حالة التوصيل العكسي حيث يظل التيار تقريبا مساويا للصفرالي أن يصل الجهد الي جهد الأنهيار حيث يمـر تيـار عكسي شديد إذا لم يحدد يمكنه ان يتلف الثنائي وهو يزيد عن ٥ ڤولت بالنسبه لمعظم الثنائيات .

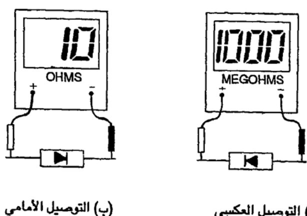


شكل (١-٤٤) منحني خصائص الثنائي (diode)

إختبارالثنائي (diode) بواسطة الأوميتر

عند استخدام الأوميتر في إختبار الثنائي (diode) فإن البطاريه الداخليه للأوميتر تستخدم في توصيل الثنائي أماميا وعكسيا ، ويشير شكل (١-٤٥) إلي النتائج التي سوف نحصل عليها عند قياس الثنائي (diode) عندما يكون صالحا ، حيث نجد أنه عند توصيله أماميا يعطي مقاومه

صغيرة ، بينما يعطي مقاومه عاليه جدا عند توصيله عكسيا.



(ب) التوصيل الأمامي (أ) التوصيل العكسي

شكل (١-٤٥) إختبار الثنائي (diode) باستخدام جهاز أوموميتر رقمي

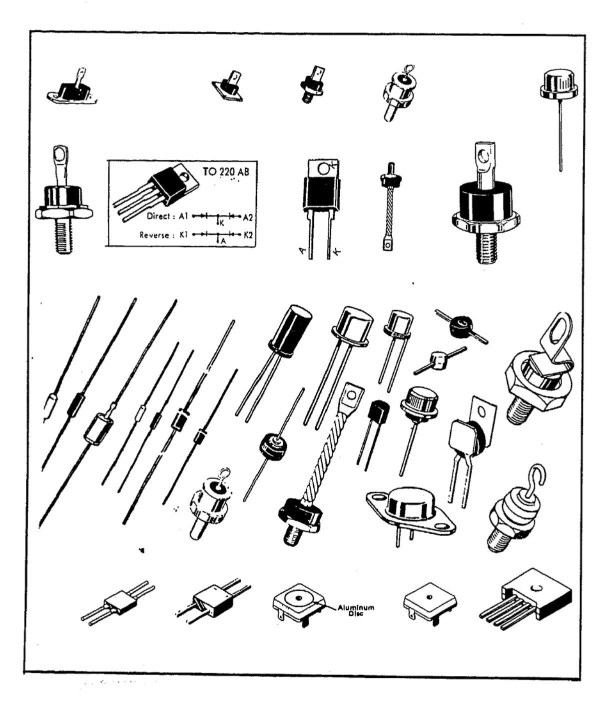
ملاحظات علي القياس

- عادة ما يستخدم المدي Rx100 علي جهاز الأوموميتر لاجراء هذا الأختبار.

- ليس من الضروري الأهتمام بقيمة المقاومه بقدر الأهتمام ماإذا كانت عاليه أم منخفضه.
- تذكر أن الثنائي لن يبدأ في التوصيل في الاتجاه الأمامي الا بعد القيمه ٠,٧ ڤولت في ثنائيات السيليكون و٣ ڤولت في ثنائيات الجرمانيوم مع ملاحظة أن ثنائيات الجهد العالي تخرج عن هذه الحدود ولايجب قياسها بواسطة الأوموميتر العادي،كذلك فإن هناك بعض الثنائيات تسخدم في دوائر كشف الترددات العاليه ((high frequency detection) وتكون حساسه للغايه ولا يجب قياسها أيضا بالأوموميتر العادي.
- بعض أجهزة الأوموميتر تكون معكوسه القطبيه ، بمعني أن الطرف الأسود (المشترك) لايشير الي السالب.
- اذا كانت قراءة الأوموميتر منخفضه في كلا اتجاهي القياس فإن هذا يعني أن الثنائي به قصر (short) وغير صالح أما أذا كانت عاليه جدا لكلا اتجاهي القياس فإن ذلك يعني أن الثنائي مفتوح (open) وغير صالح.

نماذج من الثنائيات

ملاحظة : يوجد أسفل الشكل مجموعه من موحدات الموجه الكامله (full wave rectifier) رباعية الأطراف ، والتي يدخل الثنائي كعنصر أساسي في تكوينها .





ثنائي الزينر ZENER DIODE

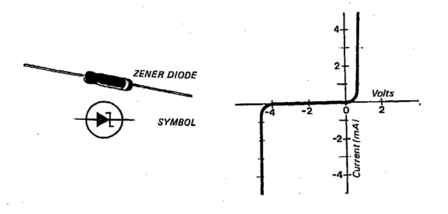
هناك مشكله اساسيه في دوائر إمداد القدر (d.c.) هي أن جهد الخرج عادة مايتغير مع تغيرات جهد الدخل أو الحمل ، وبالطبع فإنه يكون من المفضل في معظم الدوائر الحصول علي جهد ثابت بصرف النظر عن التغيرات في جهد الدخل او الحمل ، ولتحقيق ذلك لابد من إستخدام دائرة منظم جهد (voltage stabilizer) وقد صممت دوائر عديده لأجل هذا الغرض وكان العنصر الأساسي فيها هو ثنائي الزينر .

منحني الخصائص ونظام العمل

سبق أن ناقشنا في دراستنا للثنائي العادي في الجزء السابق كيف انه عند جهد عكسي معين يحدث أنهيار للوصله حيث يزداد التيار العكسي بصوره مفاجئه وشديده ، أما في ثنائي الزينر فإن جهد الأنهيار يطلق عليه احيانا جهد الزينر والزيادة المفاجئه في التيار تعرف بتيار الزينر .

ويعتمد جهد الأنهيار أو جهد الزينر أساسا علي كمية التطعيم في الماده التي يصنع منها ثنائي الزينر .

ويكون جهد الأنهيار في ثنائي الزينر حادا وهذا مايميزه عن الثنائي العادي السابق دراسته. ويظهر في شكل (١-٤٦) منحني الخصائص المعبر عن ثنائي الزينر ويظهر الي جواره الرمز المستخدم للتعبير عنه في الدوائر الأليكترونيه كذلك أحد نماذجه المستخدمه بكثره .



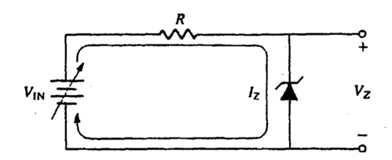
شكل (١-٤٦) منحني خصائص ثنائي الزينر ويظهر الي جواره الرمز المستخدم وأحد الأشكال المطابقه .

والنقاط التاليه جديره بالذكر

- ثنائي الزينر مثل الثنائي العادي ماعدا ان نسبة التطعيم به تكون بحيث تعطي جهد إنهيار حاد .
- يوصل ثنائي الزينر دائما عكسيا لإستخدامه في تنظيم الجهد او عندما يوصل أماميا فان خواصه تكون مثل الثنائي العادي .
- عند دخول ثنائي الزينر منطقة الأنهيار (reverse break down) فإنه لن يتلف أو يحترق حيث أن الدائرة الخارجيه الموصله به تحدد التيار ليكون أقل من القيمه التي تسبب إنهيار الثنائي .

تنظيم الجهد بواسطة ثنائي الزينر

يوضح شكل (١-٤٧) دائرة مبسطه تشرح أسلوب إستخدام ثنائي الزينر في تنظيم الجهد (d.c.) .



شكل (١-٤٧) دائرة تنظيم الجهد باستخدام ثنائي الزينر

عندما يتغير الجهد (خلال الحدود المناسبه) فإن ثنائي الزينر يحافظ علي جهد ثابت عبر أطراف الخرج وذلك كمايلي:

عندما يتغير جهد الدخل V_{in} فإن تيار الزينر I_Z يتغير بالتناسب ، وتستخدم المقاومه R كمقاومة تحديد (limiting resisitor) حتي لاينهار الثنائي . فاذا افترضنا ان ثنائي الزينر الموجود بالشكل السابق يمكنه تثبيت الجهد المناظر لتيار يتراوح بين قيمه قصوي ٤٠ مللي أمبير وقيمه صغري ٤ مللي أمبير($V_Z=10$ Volt،($I_{Zmin}=4mA$،$I_{Zmax}=40mA$) فإنه يمكن إجراء الحسابات التاليه :

أ – بالنسبه لأقل تيار :

$V_R = 4mA \times 1k = 4V$ حيث V_R تمثل الجهد عبر المقاومه R

و حيث أن $V_R = V_{in} - V_Z$

فإن $V_{IN} = V_R + V_Z = 4+10 = 14V$

ب – بالنسبه لأقصي تيار

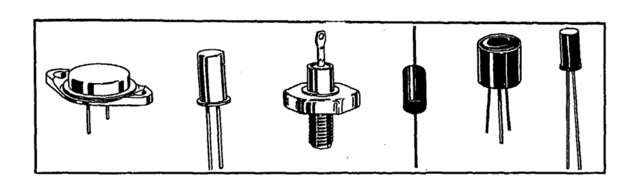
$V_R = 40\ mA \times 1K = 40V$

$V_{in} = 40 + 10 = 50\ V$

معني ذلك أن ثنائي الزينر في هذه الحاله يمكنه تنظيم جهد الدخل مابين ١٤ ڤولت الي ٥٠ ڤولت محافظا علي ١٠ ڤولت في الخرج .

نماذج من ثنائيات الزينر

فيما يلي نستعرض بعض النماذج من ثنائيات الزينر المستخدمه عمليا

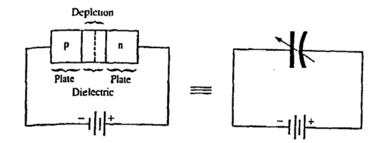




ثنائي الفاراكتور VARACTOR DIODE

تستخدم ثنائيات الفاركتور كمكثفات متغيرة اعتمادا علي الجهد الواقع عليها .

والفاراكتور أساسا عباره عن وصله ثنائيه موصله في الإتجاه العكسي وذلك كما في شكل (١-٤٨).

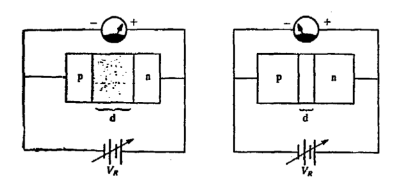


شكل (١-٤٨) الفاراكتور الموصل عكسيا يعمل كمكثف متغير

نظرية العمل

نعلم من خلال دراستنا أنه عند توصيل الوصله الثنائيه عكسيا ، يتكون مايسمي بمنطقة الإستنفاذ ((depletion layer) هذه المنطقه تعمل مكان عازل المكثف (dielectric) أما المناطق (P) ، (N) فإنها تعمل كالواح المكثف .

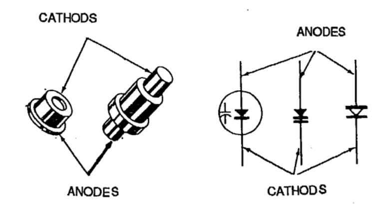
عندما يزداد جهد التغذية العكسي فإن منطقة الأستنفاذ (depletion) تتسع لتزيد بذلك سمك العازل وتنقص السعه . وعندما يتناقص ، جهد التغذية العكسي يضيق سمك منطقة الاستنفاذ وبذلك تزداد السعه . وتظهر هذه العمليه في شكل (١-٤٩).



شكل (١-٤٩) شرح نظرية عمل الفاراكتور كمكثف متغير

الرموز المعبره عن الفاراكتور

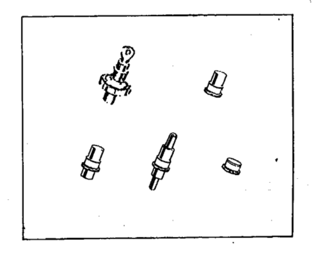
يوضح شكل (١-٥٠) عدة رموز مستخدمه للتعبير عن الفاراكتور ويلاحظ أنها جميعا تشير الي المكثف ضمنيا . كما يظهر الي جواره شكل مطابق للفاراكتور .



شكل (١-٥٠) الرموز المستخدمه للتعبير عن الفاراكتور والي جوارها أحد الأشكال المطابقة للفاراكتور .

نماذج من ثنائيات الفاراكتور

فيما يلي نستعرض بعض انواع ثنائيات الفاراكتور تظهر في شكل (١-٥١)



شكل (١-٥١) بعض أنواع ثنائيات الفاراكتور



الترانزستور TRANSISTOR

عندما تضاف طبقه ثالثه للثنائي البللوري (crystal diode) بحيث يكون وصلتين J_1 ، J_2 فإن الناتج هو عنصر جديد يطلق عليه الترانزستور .

ويتمتع الترانزستور بقدره عاليه علي تكبير الاشارات الإليكترونيه ، هذا بالرغم من حجمه الصغير عند مقارنته بالصمام الأليكتروني .

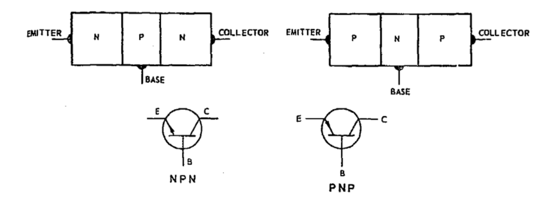
البناء العام للترانزستور :

يحتوي الترانزستور علي ثلاثة بللورات إثنتان (P) وبينهما واحدة (N) أو اثنتان (N) بينهما واحدة(P) ، ليتكون بذلك نوعي الترانزستور المعروفين :

(١) الترانزستور NPN

(٢) الترانزستور PNP

ويظهر في شكل (١-٥٢) نوعي الترانزستور المذكورين ، كما يظهر أسفل الشكل الرمز المستخدم في الدوائر الأليكترونية .

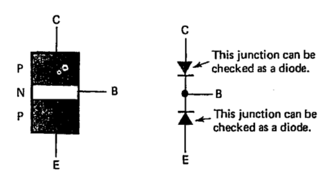


شكل (١-٥٢) نوعي الترانزستور (NPN , PNP)

ويلاحظ في كل من النوعين مايلي :

١- يحتوي الترانزستور علي وصلتين وبذلك يمكن إعتباره كثنائيين موصلين ظهرا بظهر وذلك كما

في الشكل (١-٥٣).



شكل (١-٥٣) التعبير عن الترانزستور بإستخدام الثنائيات

٢- يحتوي كل ترانزستور علي ثلاثة أطراف وهي كما يلي :

أ- المشع emitter : وهو الجزء المختص بإمداد حاملات الشحنه (الفجوات في حالة الترانزستور PNP والالكترونات في الترانزستور NPN ويوصل المشع دائما امامي(forward) بالنسبه للقاعدة وبذلك فهو يعطي كميه كبيرة من حاملات الشحنه عند توصيله.

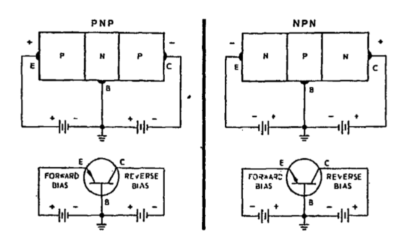
ب- المجمع collector : ويختص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنه القادمه من المشع ، ويوصل عكسيا (reverse) مع القاعدة.

ج- القاعدة base: وهي عبارة عن الجزء الأوسط بين المشع والمجمع وتوصل أماميا (forward) مع المشع ، وعكسيا (reverse) مع المجمع .

توصيل الترانزستور بمنابع التغذيه transistor biasing

عرفنا من الأجزاء السابقه أن وصلة المشع (emitter) مع القاعدة base تكون اماميه (forward) لكي تسمح بمقاومه منخفضه وتيار عالي ، أما وصلة المجمع (collector) مع القاعدة فتكون عكسيه (reverse) مسببة بذلك مقاومة عاليه في خرج الترانزستور ، ويظهر في شكل (١-٥٤) نظام تغذية

كل من النوعين .



شكل (١-٥٤) الي اليمين الترانزستور NPN والي اليسار
الترانز ستور PNP وتظهر منابع التغذية في كلا الدائرتين

بعض الحقائق عن الترانزستور

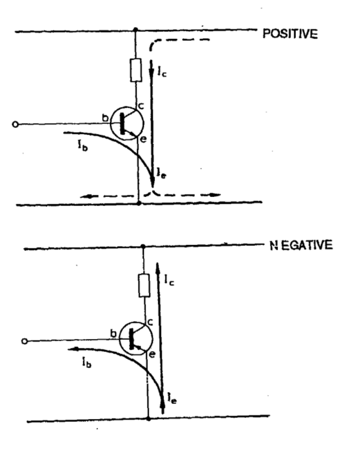
- طبقه القاعدة (base) في الترانزستور تكون رقيقه جدا يليها المشع (emitter) واكبرهم المجمع (collector) .

- يكون المشع (emitter) مشبعا بحاملات الشحنه بحيث يمكنه امداد عددا هائـــلا منها أمـــا القاعدة (base) فتكون خفيفه التشبع وتعمل علي إمرار غالبية الشحنات القادمه من المشع (emitter) الي المجمع (collector) ويكون المجمع متوسط التشبع .

- وصلة المشع مع القاعدة (E-B) تكون أمامية (forward) دائما أما وصلة المجمع مع القاعدة (C.B) فتكون عكسيه (reverse) .

- يلاحظ في كل من نوعي الترانزستور أن المشع يشار اليه بسهم ، ويشير السهم الي اتجاه تدفق تيار الفجوات (hole current) ، ففي النوع PNP نجد ان تيار الفجوات يتدفق خارجـا من المشـع

أما في النوع NPN فنجد انه يظهر داخلا الي المشع . ويشرح شكل (١-٥٥) إتجاهات التيار بوضوح.



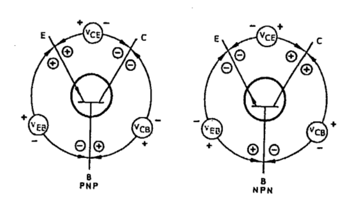
شكل (١-٥٥) في الجزء العلوي يظهر اتجاهات التيار في الترانزستور NPN والجزء السفلي خاص بالترانزستور PNP

إختبار وقياس الترانزستور

يمكن التأكد من جودة الترانزستور في الدائرة بواسطة قياس الجهود التي يعمل عليها أثناء توصيلة ، كذلك يمكن إختباره خارج الدائرة بواسطة قياس المقاومه بين كل طرفين من أطرافه بإستخدام الأوممتر .

أ- قياسات الجهد في دوائر الترانزستور

يظهر في شكل (١-٥٦) ملخصا كاملاً لقطبية الجهود الموصله علي أطراف الترانزستور والتي ناقشناها سابقا في نظام تغذية الترانزستور .



شكل (١-٥٦) قياسات الجهد في دوائر الترانزستور

اختبار الترانزستور بواسطة قياس الجهد علي أطرافه وهو بالدائره

- نلاحظ بوضع عام أن الترانزستور الذي يعطي جهدا بين القاعدة والمشع اكبر من ١.١ ڤولت (بإعتبار أن طرف القاعدة يكون موجبا في حالة الترانزستور NPN ويكون سالبا في حالة الترانزستور PNP) تكون فيه الوصلة بين القاعدة والمشع مفتوحه (open) ويجب استبداله .

- فيما يلي بعض الاختبارات التي تحكم علي صلاحية الترانزستور فإذا إجتاز الترانزستور أيا من هذه الاختبارات فإنه يمكن إعتباره صالحا ، أما الفشل في أحد هذه الاختبارات فلا يعني بالضرورة أن هذا الترانزستور تالف وإنما يعطي إحتمالاً لذلك .

وسوف نستخدم شكل (١-٥٧) لشرح هذه الإختبارات

في شكل (a)

نلاحظ في هذا الشكل أنه عند عمل قصر (short) علي الوصله بين المشع والقاعدة فإن ذلك يؤدي الي إرتفاع جهد المجمع (collector) الي القيمه V_{CC} ، وهبوط الجهد V_{RC} الي الصفر تقريبا ، هذا بالطبع اذا لم يكن الترانزستور من الأساس يعمل في حالة القطع (cut off).

في شكل (b)

في هذا الشكل نجد أن مقاومة حمل الترانزستور تقترب من الصفر وعلي ذلك فإن التحول للقطع يمكن أن يلاحظ علي مقاومة المشع حيث أن عمل قصر (short) بين القاعدة والمشع يسبب هبوط الجهد V_{RE} الا اذا كان الترانزستور أساسا يعمل في حالة القطع "cut off" .

في شكل (c)

في هذاالشكل يظهر الترانزستوران موصلان علي التوازي ، وهنا فإن عمل قصر علي كل منهما كما بالشكل يسبب تحولهما الي OFF مما يسبب هبوط الجهد V_{RC} .

في شكل (d)

حيث يكون الترانزستور بالفعل في حالة القطع (cut off) ويكون الجهد علي المجمع V_C مساويا للجهد V_{CC} ، فإن اضافة مقاومه من النقطه V_{CC} الي القاعدة كما بالشكل يحول الترانزستور الي ON . ويجب أن تحسب قيمه المقاومه R_B بحيث تسبب تيار قاعدة I_B أصغر من ١ مللي أمبير للإشارات الصغيرة وأصغر من ١٠٠ مللي أمبير بالنسبه لترانزستورات القدره . لاحظ أيضا أن اضافة R_B سوف يسبب هبوط الجهد علي المجمع .

في شكل (e)

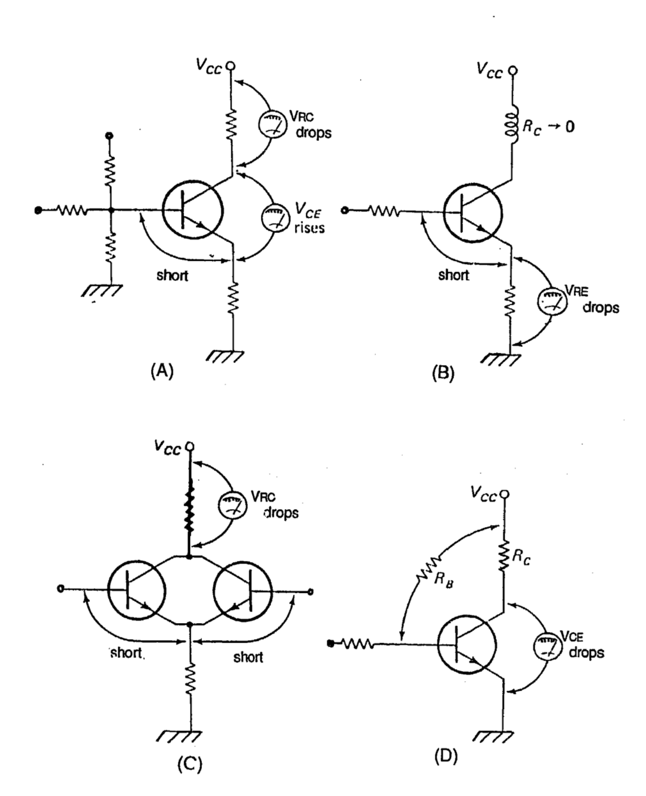
من الضروري تحويل الترانزستور Q1 الي حالة القطع (off) قبل أختبار الترانزستور Q2 بأحد الطرق السابقه (a) أو (d)

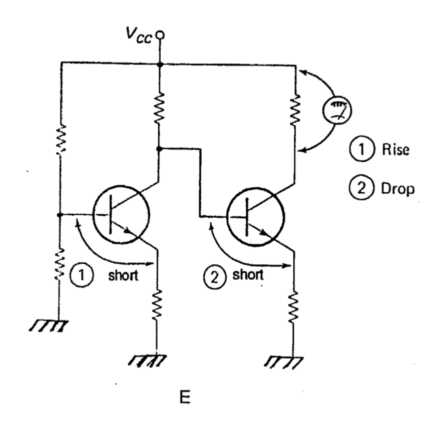
في شكل (f)

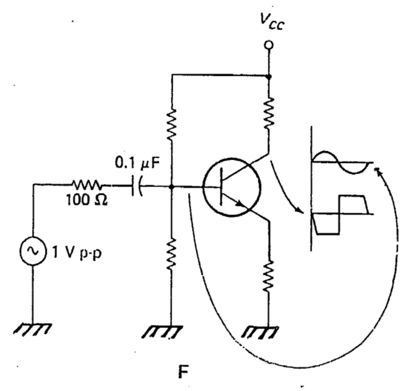
عندما يكون الترانزستور في وضع التشغيل (active) فإن الاشارة التي تظهر علي المجمع تكون معكوسه طوريا بمقدار ١٨٠° عن مثيلتها الموجوده علي القاعده ، وبالطبع فإن أفضل إجراء لتحقيق هذا الاختبار هو إستخدام جهاز راسم الذبذبات (oscilloscope) .

وبصرف النظر عن مستوي الأشاره أو وجود تشوهات بها من عدمه فإن هبوط جهد المجمع عند ارتفاع جهد القاعدة أو إرتفاع جهد المجمع عند هبوط جهد القاعدة تعتبر مؤشرات حقيقيه لسلامة الترانزستور حتي ولو كان يعاني من بعض التسريب (leakage) أو انخفاض نسبه التكبير قليلا .

وفي حالة عدم توفر إشارة داخليه (من الدائره) علي طرف القاعدة فإنه يمكن استخدام جهاز توليد الاشارات (signal generator) لحقن اشاره علي طرف القاعدة خلال مكثف قيمته او. ميكروفاراد ، وبالطبع فإنه اذا كان المجمع موصلا بالنقطه Vcc أو نقطة الأرضي فلن يمكن مشاهدة أي اشاره علي الاطلاق.


V_{CC}
VRC
drops
V_{CE}
rises
short
(A)
V_{CC}
$R_C \to 0$
short
VRE
drops
(B)
V_{CC}
VRC
drops
short
short
(C)
V_{CC}
R_C
R_B
VCE
drops
(D)

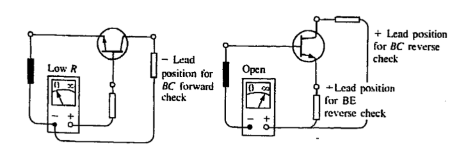




شكل (١-٥٧) إختبار الترانزستور بواسطة قياسات الجهد

(ب) قياسات الأوم (المقاومه) لاختبار صلاحية الترانزستور

يمكن استخدام جهاز الأوميتر لإختبار صلاحية الترانزستور وهو خارج الدائره ، وفي هذا الاختبار يتم التأكد من سلامة وصلات الترانزستور وعدم اصابتها بالقصر (short) أو الفصل (open).
وتعتمد هذه الطريقة في القياس علي قياس كل وصله أماميا وعكسيا حيث أن الوصله السليمه يجب أن تعطي مقاومه منخفضه في التوصيل الأمامي (forward biasing) ومقاومة عاليه في التوصيل العكسي (reverse biasing) ، وتستخدم البطاريه الداخليه للأوميتر في هذه الحاله كمنبع للتغذيه .
وعند اجراء هذا الاختبار يجب استخدام المدي R X 1 في جهاز الأوميتر عند قياس ترانزستورات القدره والمدي R x 100 أو R x 1kΩ عند قياس ترانزستورات الاشاره الصغيره (small-signal) .



A- forward bais check B- reverse bias check

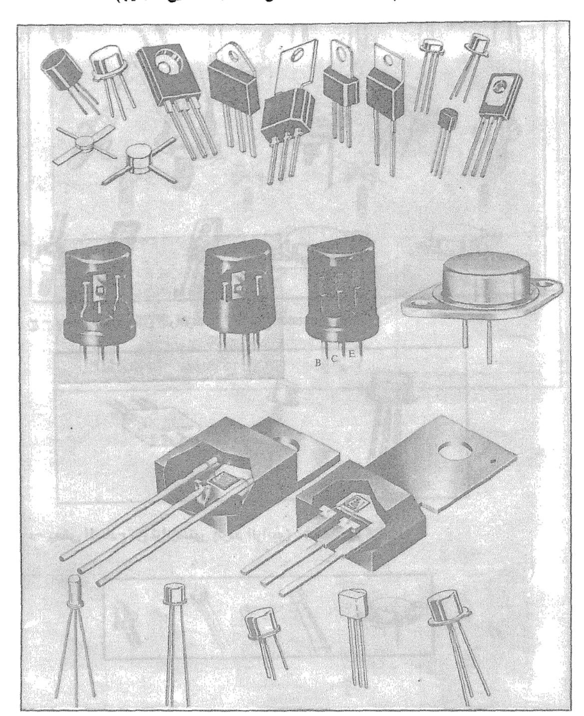
إستخدام الأوميتر لاختبار الترانزستور NpN

ويلاحظ أنه عند إختبار ترانزستور PNP فإنه يعطي قراءات عكس الموضحه في الشكل السابق تماما

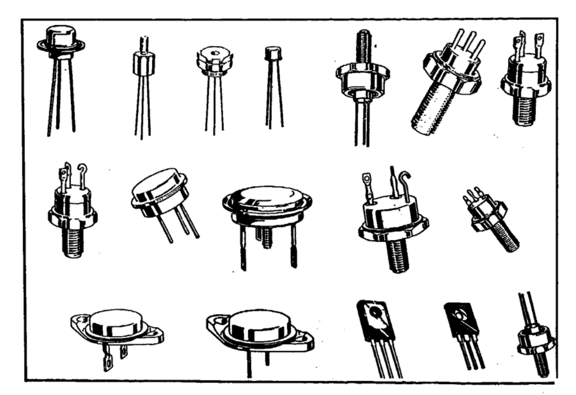
نماذج من الترانزستور

فيما يلي نستعرض أهم أشكال الترانزستور المستخدم بالدوائر الاليكترونيه

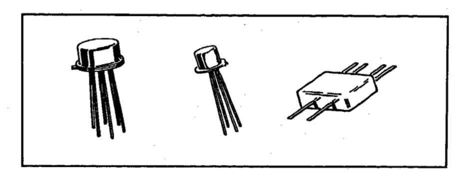
أ- ترانزستور متعدد الأغراض (يظهرفيه بعض المقاطع الداخليه لتوضيح التركيب) .



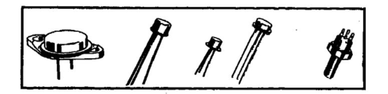
ب – بعض النماذج الخاصه من ترانزستور القدره .



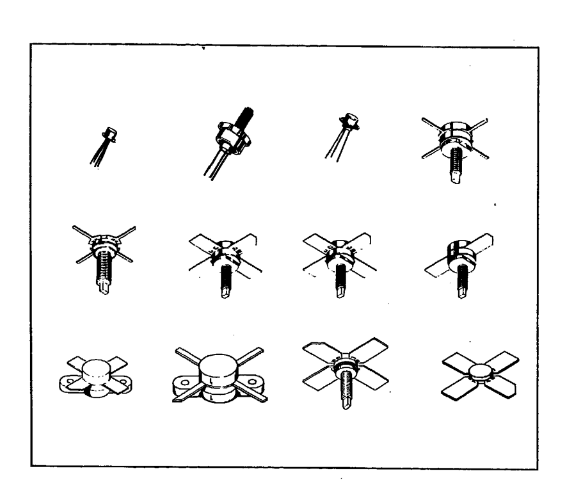
ج – بعض النماذج من الترانزستور المزدوج dual transistor



د– بعض النماذج من ترانزستور (تردد الراديو) RF transistor

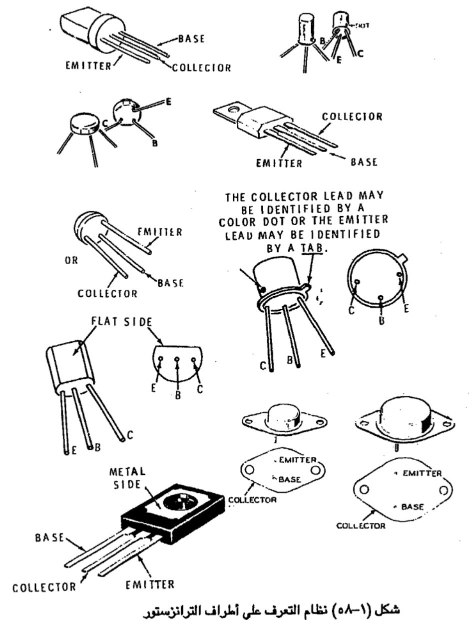


' نماذج أخري من ترانزستور تردد الراديو



أسلوب التعرف علي أطراف الترانزستور

يوضح شكل (١-٥٨) أسلوب التعرف علي أطراف الترانزستور بالنسبه لغالبية الأنواع المستخدمه عمليا .



شكل (١-٥٨) نظام التعرف علي أطراف الترانزستور

ترانزستورات التأثير المجالي FIELD EFFECT TRANSISTORS

مقدمه

درسنا في الأجزاء السابقه الترانزستور ثنائـي القطبيه (bipolar trsnsistor) والذي تلعب فيه كل من الفجوات والالكترونات دورا هاما في عملية التوصيل ، ولهذا السبب كان يطلق عليها (bipolar) ، هذا النوع من الترانزستورات يحتوي علي بعض العيوب الرئيسية أهمها أن معاوقة دخله (input impedance) منخفضه بسبب التغذية الأمامية(forward biasing) بين المشع والقاعدة ، أيضا فإن نسبة التشوهات الحادثه في الأشارة بسبب وجود الوصلات بالترانزستور عاليه نسبيا، وفيما يلي نناقش أنواع ترانزستور التأثير المجالي والذي ساعد في تلافي هذه العيوب

يمكن تقسيم أنواع ترانزستور التأثير المجالي كما يلي :-

١- ترانزستورات التأثير المجالي ذات الوصله (Junction Field Effect Transistor) ،ويوجد منها نوعين:

1- JFET N - channel
2- JFET P - channel

٢- ترانزستورات التأثير المجالي ذات البوابـه المعزوله (Metal Oxide Semiconductor - Field Effect Transistor) ويجد منها نوعين :

1-MOSFET N - channel
2- MOSFET P - channel

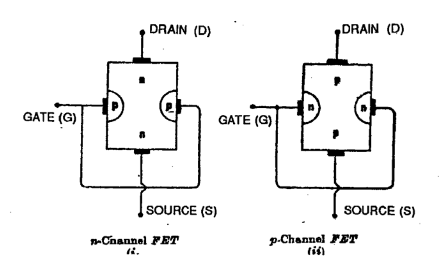
وكما هو موضح فإن كلا من النوعين MOSFET , JFET يمكن تصنيعه بإستخدام بللورات موجبه P-crystal أو بللورات سالبه



ترانزستور التاثير المجالي J.F.E.T

تشير الحروف J.F.E.T الي الأسم "Junction Field Effect Transistor" وهو عنصر مصنع من اشباه الموصلات (semiconductors) والذي تيم فيه توصيل التيار بواسطة نوع واحد من حاملات الشحنه (الكترونات أو فجوات) .

وكما يظهر في شكل (١-٥٩) فإن الترانزستور J.F.E.T يتكون من قضيب سيليكوني (N) أو (P) يحتوي علي وصلتين (P-N) وطرف مشترك يسمي البوابه (gate).
الأطراف الأخري للترانزستور وهما المنبع (source) والمصرف (drain) يؤخذان خارجا من القضيب السيليكوني، وعلي هذا فإن الترانزستورJ.F.E.T يحتوي علي ثلاثة أطراف وهي المنبع (source) ويناظر المشع والمصرف (drain) ويناظر المجمع والبوابه (gate) وتناظر القاعدة في الترانزستور العادي. ويشكل القضيب السيليكوني قناة توصيل لحاملات الشحنه ، فإذا كان من النوع (N) فإن الترانزستور يسمي (N - channel FET) واذا كان من النوع P فإنه يسمي (P-channel FET) .



شكل (١-٥٩) نوعي الترانزستور J.F.E.T

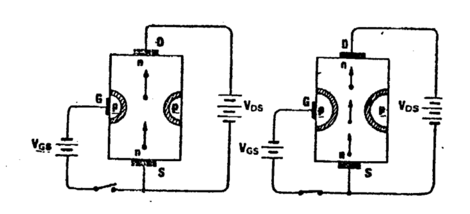
نظرية تشغيل الترانزستور J.F.E.T

- يوصل الترانزستور J.F.E.T بحيث تكون التغذية بين الأطراف (G), (S) عكسه (reverse biasing) والتغذيه بين الأطراف (S) , (D) تكون بحيث تدفع حاملات الشحنه من (S) الي(D)

- عندما يكون $V_{GS}=0$ فإن الوصلتين (P-N) علي جانبي القضيب السيليكوني يخلقان منطقتي إستنفاذ (deplition) ، ومع ملاحظة أن حاملات الشحنه تتحرك من المنبع (S) الي المصرف (D) خلال القناه بين منطقتي الأستنفاذ ، وأن حجم هاتين المنطقتين يحدد عرض القناه فإن ذلك يتحكم في كمية التيار الموصل بينهما .

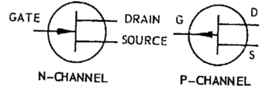
- زيادة الجهد العكسي V_{GS} يزيد من عرض منطقتي الأستنفاذ فيقل بذلك عرض القناه وتزداد مقاومتها ، وعلي هذا فإن تيارالمصرف I_D يتناقص ، والعكس صحيح فإذا نقص الجهد العكسي V_{GS} يحدث العكس تماما ويزداد التيار I_D .

- ويظهر في شكل في شكل (١-٦٠) نظام عمل الترانزستور J.F.E.T .



شكل (١-٦٠) نظام عمل الترانزستور J.F.E.T

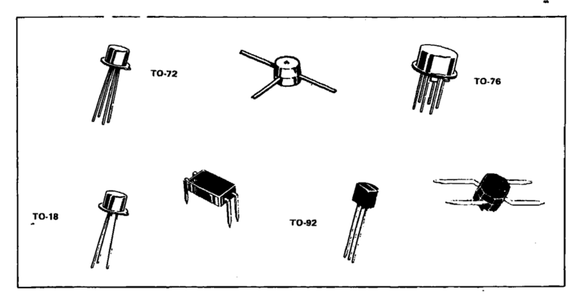
- ويوضح شكل (١-٦١) الرموز المستخدمه للتعبير عن الترانزستور J.F.E.T بنوعيه .



شكل (١-٦١) رموز التعبير عن الترانزستور J.F.E.T

نماذج من الترانزستور J.F.E.T

فيما يلي نستعرض بعض أشكال الترانزستور J.F.E.T



الفروق بين الترانزستور J.F.E.T والترانزستور ثنائي القطبيه

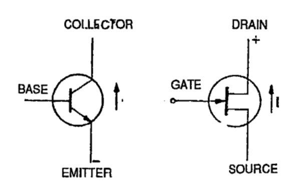
- في الترانزستور J.F.E.T يتم حمل التيار بواسطة نوع واحد من حاملات الشحنه (الالكترونات أو الفجوات) .

- دائرة الدخل في الترانزستورJ.F.E.T تكون عكسيه مما يعطي معاوقه (impedance) عاليه جدا في الدخل مقارنة بالترانزستور العادي .

- الترانزستور العادي يستخدم تيار القاعدة للتحكم في التيارين بين المجمع والمشع بينما يستخدم الترانزستور J.F.E.T الجهد علي البوابه (gate) لكي يحكم التيار بين المصرف (drain) والمنبع (source) .

- لا يوجد وصلات في الترانزستور J.F.E.T مما يقلل من مستوي التشوهات التي يمكن أن تحدث بالإشارة .

ويظهر في شكل (١-٦٢) مقارنه بين الاطراف في كل من نوعي الترانزستور المذكورين .



شكل (١-٦٢) مقارنه بين الأطراف في نوعي الترانزستور

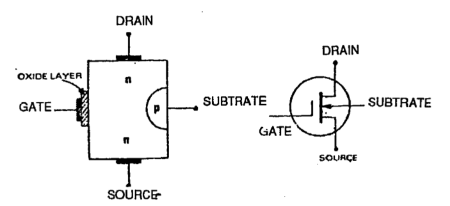
– يحقق هذا النوع من الترانزستور معاوقة دخل (input impedance) أعلي من مثيلتها فـــي الترانزســتور J.F.E.T وعادة مايعبر عن هذا الترانزستور بالحروف M.O.S.F.E.T. وهـــي الحروف الأولي من الاسم المذكور .

تكوين الترانزستور M.O.S.F.E.T.

– يحتوي هذا الترانزستور عل قناة من النوع N كما في شكل (١–٦٣) وطبقه واحدة من النوع (P) تسمـــي (substrate) .

– يترسب علي أحد جوانب القناة طبقه عازله من ثاني أكسيد السيليكون بينما يترسب علي هذه الطبقه طبقة أخري تمثل البوابه المعدنيه (GATE) ، وعلي ذلك فإن البوابة تكون معزوله عن القناه وهذا هو سبب إطلاق اسم (ذو البوابه المعزوله) علي هذا الترانزستور .

– يحتوي هذا الترانزستور علي ثلاثة اطراف المنبع (source) ، المصرف (drain) والبوابه (gate) .

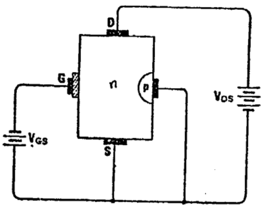


شكل (١–٦٣) بناء الترانزستور M.O.S.F.E.T. والرمز المستخدم للتعبير عنه

نظرية العمل

في هذا النوع تتشكل البوابه (gate) كمكثف صغير أحد الواحه هو البوابه نفسها واللوح الآخر هو القناه ، أما العازل فهو أكسيد المعدن SIO2 . عندما يعطي الجهد السالب علي البوابه (gate) فإن

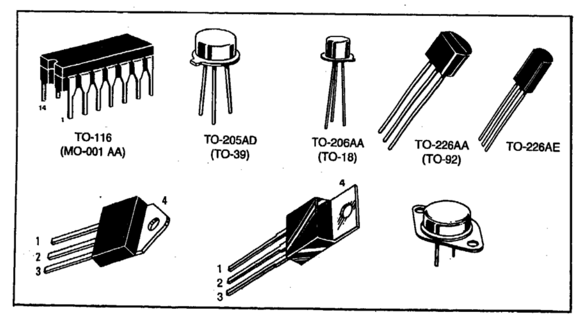
الألكترونات تتجمع عليها وتطرد الكترونات التوصيل (المنبعثه من المنبع (S) الي المصرف (D) بتأثير البطاريه VDS) من القناه N في المنطقه المجاوره ، (مثل نظرية المكثف العادي) ، وبذلك فان عدد الالكترونات التي تستطيع الوصول الي المصرف (drain) يقل فيؤدي الي نقصان الخرج ومع زيادة الجهد السالب علي البوابه (gate) ، يقل التيارمن المنبع (source) الي المصرف (drain) بالتناسب ، والعكس صحيح تماما ، ويشرح الشكل (١-٦٤) أسلوب عمل الترانزستور وم التغذيه في الدخل والخرج .



شكل (١-٦٤) نظرية عمل الترانزستور M.O.S.F.E.T.

نماذج من الترانزستور والدوائر المتكاملة M.O.S.F.E.T.

فيما يلي نستعرض بعض أشكال الترانزستور والدوائر المتكاملة من النوع M.O.S.F.E.T. .





الثيرستور silicon controlled rectifier

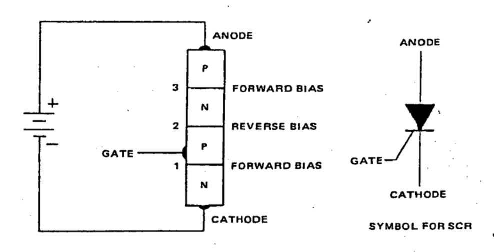
الثيرستور هو عنصر مصنع من أشباه الموصلات (semiconductors) يستخدم كمفتاح ON أو OFF ويمكن إستخدامه في عمليات تقويم القدره .

البناء العام للثيرستور

يتكون الثيرستورمن أربعة بللورات P-N-P-N وعلي ذلك فإن به ثلاثة وصلات J1 , J2 , J3 . ويحتوي الثيرستور علي ثلاثة أطراف ، الأنود (anode) ، الكاثود (cathod) ، البوابه (gate) شكل (١-٦٥) ، وتكون الوصله رقم 1 موصله أماميا (forward) وكذلك الوصله رقم 3 أماميا أما الوصله رقم 2 فتوصل عكسيا .

نظام عمل الثيرستور

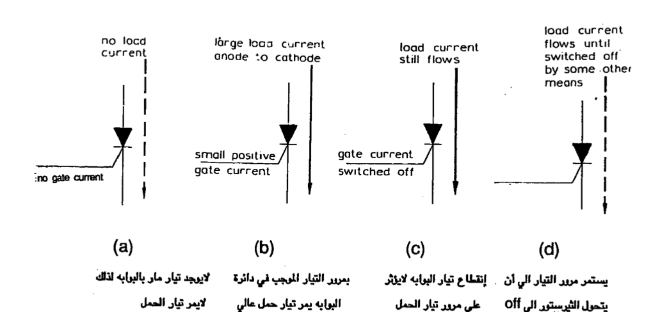
بصرف النظر عن اتجاه البطاريه الموصله بالثيرستور فإنه في الأحوال العاديه لايوصل لأن إحدي وصلاته (الوصله الثانيه) عكسية التحيز .



شكل (١-٦٥) البناء العام للثيرستور ويظهر الي اليمين الرمز المستخدم

وعلي أي حال فإن الثيرستور يوصل فقط إذا اعطي علي نبضة جهد أو تيار علي البوابه بقطبيه معينه بحيث يجعل الوصلة الثانيه توصل أماميا . ويظل الثيرستور في حالة التوصيل الي ان يهبط جهد الانود الي الصفر او تتغير قطبية التوصيل بين الانود والكاثود .

وفيما يلي أسلوب عمل الثيرستور عن طريق الأشكال (١-٦٦) (a) ، (b) ، (c) ، (d).



شكل (١-٦٦) أسلوب عمل الثيرستور

في الشكل (a) : لايوجد تيار يمر بدائرة البوابه وبالتالي لا يمرالتيار بالثيرستور .

في الشكل (b) : يمر تيار موجب بدائرة البوابه ونتيجة لذلك يمر تيار بوابه كبير من الأنود للكاثود .

في الشكل (c) : ينقطع امداد تيار البوابه ومع ذلك لايزال تيار الحمل مستمرا في التدفق .

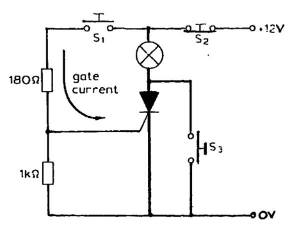
في الشكل (d) : ينقطع تيار الحمل عندما يتحول الثيرستور الي OFF اذا هبط جهد الأنودالي الصفر أو تغيرت قطبية التوصيل .

ملاحظة : يمكن أن يتحول الثيرستور الي ON عندما يصل تيار البوابه الي حوالي ٢٠ مللي أمبير ، في بعض الأنواع .

تطبيقات الثيرستور

كما ذكرنا سابقا فإن الثيرستور يستخدم أساسا في عمليات تقويم القدرة حيث أنه يتمتع بميزة إمكانية الفتح والقفل المحكوم بواسطة الدائرة ويظهر في شكل (١-٦٧) دائره بسيطه توضح نظام عمله .

في هذه الدائرة يجب أن تتأكد أن الثيرستور المستخدم يستطيع أحتمال تيارالحمل (load current)
كما يجب تثبيت الثيرستور في مسرب حراري (heat sink) اذا كان هناك حاجه لذلك .
اضغط SI لقدح الدائره ثم حرره مره أخري تلاحظ أن اللمبه تضئ حتي بعد تحرير المفتاح SI .
استخدم S2 أو S3 لقطع التيار المار بالثيرستور ، سوف يتحول الثيرستور الي OFF ولن يعود للعمل مرة أخري عند أعادة المفتاح المستخدم .



شكل (١-٦٧) دائرة توضح نظام عمل الثيرستور

ملاحظات :

- بناءًا علي النقاط السابق ذكرها فإن الثيرستور يعمل في أحد حالتين ، إما حالة التوصيل أو عدم التوصيل وليست هناك حاله وسيطه ، لذلك فإنه يستخدم كمفتاح .

- يوجد طريقتين لتحويل الثيرستور الي حالة التوصيل (ON) .

أ- أن يتعدي جهد الإمداد بين الأنود والكاثود قيمه معنيه ومحدده لكل ثيرستور يطلق عليها (break over voltage) مع عدم توصيل البوابه (gate) .

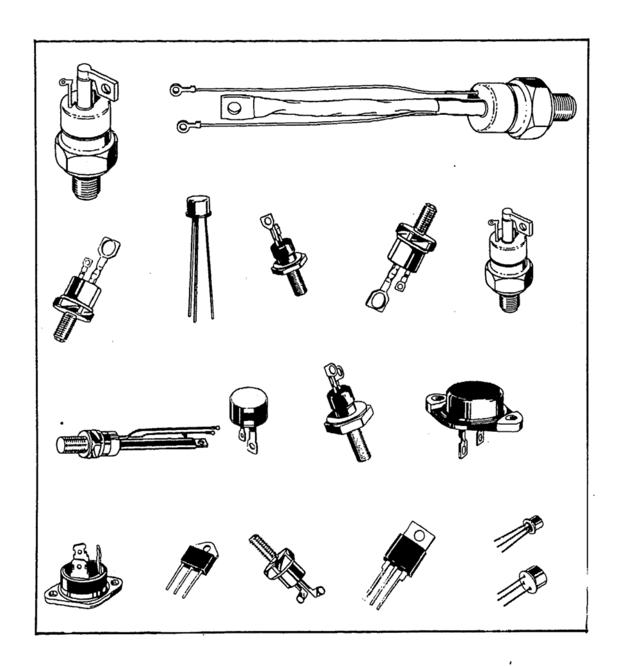
ب- في حالة ما إذا كان جهد الأمداد بين الأنود والكاثود أقل من الجهد (break over voltage) فإنه لابد من استخدام إشارة علي البوابه (حوالي ١,٥ فولت ٣٠ مللي أمبير) لفتح الثيرستور ON وهذه الطريقه هي الطريقه المألوفه في الدوائر حيث أن الجهد

عادة مايكون أعلي من قيمة مصدر الأمداد (break over voltage)

ج- إنقطاع الإمداد بين الأنود والكاثود أو عكس القطبيه يحول الثيرستور الي الوضع OFF .

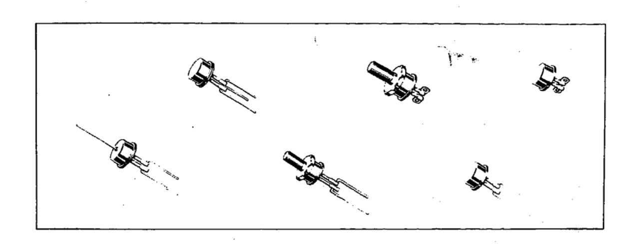
نماذج من الثيرستور

فيما يلي نستعرض بعض أشكال الثيرستور المستخدم في الدوائر الأليكترونيه .



نماذج أخري من الثيرستور

SILICON CONTROLLED RECTIFIERS					
0.25 AMP	0.5 AMP	0.8 AMP	1.6 AMP	4.0 AMP	



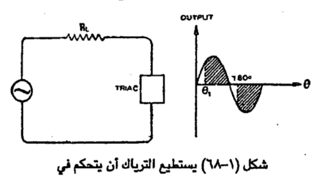


الترياك TRIAC

بين الترياك والثيرستور

تعتبر المشكله الرئيسيه في الثيرستور هي أنه يمكنه التوصيل في اتجاه واحد فقط ، لذلك فإنه يستخدم فقط في التحكم في القدره .d.c ، كذلك يمكن استخدامه في التحكم في انصاف الموجات التي تحيزه اماميا بالنسبه للأشارات .a.c . وبالطبع فإنه من المفضل وجود إمكانيه التحكم في الأنصاف السالبه والموجبه معا ، وهذا هو مايميز الترياك .

وكلمة TRIAC هي إختصار للتعبير Triode A.C Switch ، ويشير المقطع "tri" الي أن هذا العنصر يحتوي علي ثلاثة أطراف وتشير الحروف AC الي إمكانية إستخدام هذا العنصر في التحكم في اشارة التيار المتردد (.a.c) ، ويمكن عن طريق الرجوع الي شكل (١-٦٨) تفهم نظام عمل الترياك .



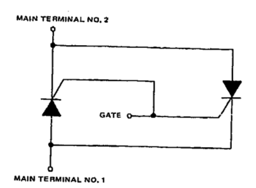
شكل (١-٦٨) يستطيع الترياك أن يتحكم في الأنصاف السالبه والموجبه معا

وبالرغم من أن الترياك في الشكل السابق يظهر وله طرفان فقط الا انه يوجد طرف ثالث موصل بدائرة التحكم .

ويظهر في الشكل السابق كيف أن الترياك يمرر الأنصاف الموجبه من ١° الي ١٨٠° (الجزء المظلل بالشكل) . كذلك بالنسبه للأنصاف السالبه ، ويلاحظ أن هذه العمليه ليست عملية تقويم كما في الثيرستور والذي يختزل الانصاف التي تحيزه عكسيا تماما .

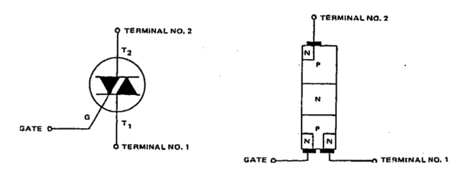
الدائرة المكافئه للترياك

الترياك هو مفتاح ثلاثي الأطراف ويظهر في شكل (١-٦٩) كيف انه يحتوي علي نصفين كل منهما يعتبر ثيرستور ، وتوصل البوابتين معا في طرف واحد (gate) أمـا الطـرفان الآخـران فهمـا main terminal 1 (MT1) و main terminal 2 (MT2) ويوصل هذين الطرفين بحيث يكون أنود كل منهما موصل بكاثود الآخر .



شكل (١-٦٩) الترياك يمثله اثنان من الثيرستورموصلان علي التوازي

ويظهر في شكل (١-٧٠) البناء الأساسي للترياك والي جواره الرمز المستخدم للتعبير عنه .



شكل (١-٧٠) البناء الأساسي للترياك ويظهر
الي اليسار الرمز المستخدم للتعبير عنه

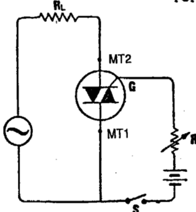
ومن رمز الترياك يمكن أن نري أن هناك امكانية توصيله في كلا القطبيتين ومن الناحيه التجاريه تستطيع القول بأن الترياك قادرا علي تداول تيارات تصل من ٥ أمبير , الي ٢٥ أمبير ويمكن أن تصل في بعض الأنواع الخاصه الي ١٠٠٠ أمبير .

نظام عمل الترياك

يظهر في شكل (١-٧١) نظام عمل الترياك من خلال دائرة تيار متردد بسيطه حيث يكون الامداد بالتيار المتردد (a.c) بين الأطراف الرئيسيه خلال مقاومة حمل R_L .

وتحتوي دائرة البوابه علي بطارية ومقاومه تحديد للتيار(R) ومفتاح (S) ، ويكون نظام العمل كالاتي :

١- عندما يكون المفتاح (S) مفتوحا فإنه لن يكون هناك تيارا مارا بالبوابه ، وفي هذه الحـــاله فإن الترياك يمكن أن يتحول الـــي ON فقط عندمـا يكـون جهـد الامـداد مسـاويا للجهـــد (break over voltage) ، وعلي أي حال فإن الطريقه العاديه لتحويـــل الترياك ON تكـون بواسطة إمرار التيار المناسب بدائرة البوابه .



شكل (١-٧١) نظام عمل الترياك

٢- عندما يغلق المفتاح (S) فان تيار القاعدة يبدأ في التدفق في دائرة البوابه بطريقه مماثله كما في الثيرستور وهنا نجد أن الجهد(break over voltage) يمكن أن يحكم بواسطة تحقيق تيارسليم علي البوابه والذي يحول الترياك الي ON ويسبب مرور التيار الموجب من MT2 إلي MT1 .

وعندما يكون الطرف MT2 سالبا بالنسبه للطرف MT1 فإن الترياك مره أخري يتحـول الي ON ولكن التيار الموجب يمر في هذه المره من MT1 الي MT2 .

وهناك ميزه أخري في استخدام الترياك وهي أنه بواسطة ضبط تيار البوابه علي قيمه معينه فإنه يمكن التحكم في جزء الاشارة (سواء السالب أو الموجب) المار في الحمل وهذا يسمح بضبط انتقال القدرة .a.c من المنبع الي الحمل .

نماذج من الترياك

فيما يلي نستعرض بعض النماذج المستخدمه من الترياك

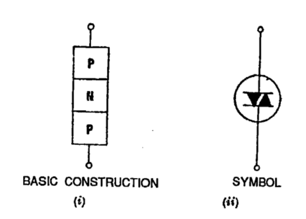
4.0 AMP	10 AMP				15 AMP		

25 AMP		30 AMP		

البناء الأساسي للدياك

الدياك هو عنصر له طرفين ويحتوي علي ثلاثة طبقات ، وهو عنصر ثنائي الأتجاه يمكنه التحول من حالة القطع (OFF) الي حالة التوصيل (ON) بصرف النظر عن إتجاه القطبيه عبر طرفيه.

ويظهر في شكل (١-٧٢) البناء الأساسي للدياك حيث يوصل طرفيه بالمناطق الموجبه (P) والمصنوعه من السليكون والمفصوله بالطبقه (N) .



شكل (١-٧٢) البناء الأساسي للدياك والي اليمين الرمز المعبر عنه

وهناك شبه واضح بين الدياك والترانزستور من حيث البناء العام ، ولكن هناك فروق أساسيه تميز الدياك عن الترانزستورمنها مايلي :

١- لايوجد طرف ثالث متصل بطبقه القاعدة (base) .

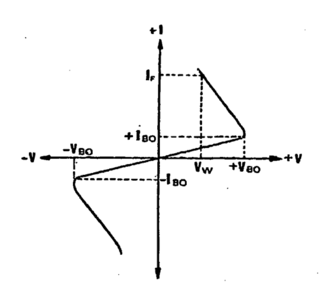
٢- تركيز حاملات الشحنه متماثل (بخلاف الترانزستور) وذلك لكي يعطي خواص متماثله لذلك العنصر في كلا إتجاهي التوصيل .

نظام عمل الدياك

عندما يعطي جهد سالب أو موجب عبر أطراف الدياك ، سوف يمر فقط تيار تسريب صغير جدا(I_{BO}) خلال الجهاز ومع زيادة هذا الجهد فإن تيار التسريب يواصل التدفق الي أن يصل الي الجهد V_{BO} (break over) ، عند هذه النقطه فإن الأنهيار الانهماري للوصله الموصله عكسيا يظهر مقاومه سالبه

، بمعني أن التيار خلال العنصر يزداد مع نقص الجهد المعطي عليه ، عندئذ تهبط قيمة الجهد علي العنصر الي القيمه (break over) ويرمز لها بالرمز V_W .

ويوضح شكل (١-٧٣) منحني خصائص الدياك حيث نجد أنه اذا أعطي جهد موجب أقل من V_{BO} + وجهد سالب أقل من V_{BO} – يتدفق تيار تسريب صغير ($+I_{BO}$) خلال الجهاز ، تحت هذه الظروف نجد أن الدياك يمنع تدفق التيار ويتصرف كدائرة مفتوحه ، ويطلق علي الجهود $+V_{BO}$, $-V_{BO}$ الأسم (break over voltages) وعادة ماتكون في النطاق من ٣٠ الي ٥٠ ڤولت .



شكل (١-٧٣) منحني خصائص الدياك

عندما يعطي جهد سالب أو موجب يساوي أو أكبر من الجهد (break over voltages) فإن الدياك يبدأ في التوصيل ، ويتحول الجهد علي طرفيه الي عددا قليلا من الڤولت .
ويستخدم الدياك أساسا في قدح (بداية تشغيل) الترياك .

تطبيقات الدياك

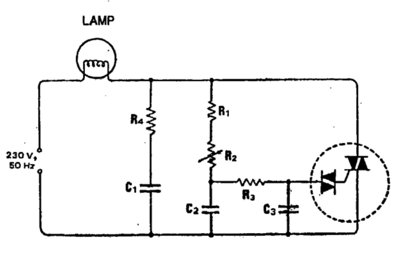
١- دوائر خفض الأضاءة (light dimming)
٢- دوائر التحكم في الحرارة
٣- دوائر التحكم في سرعة المواتير عامة الأغرض

وبالرغم من أن الترياك يمكن أن يصل الي حالة التوصيل بواسطة دائرة قدح أوميه بسيطه الا أنه

يوجد إمكانية الفتح الأفضل والأسرع بإستخدام الدياك علي التوالي مع بوابة الترياك ، ويوضح المثال التالي إستخدام هذا العنصر في دائرة خفض أضاءة اللمبات .

دائرة خفض الإضاءه

تظهر دائرة خفض الأضاءه في شكل (١-٧٤) وتستخدم في التحكم في القدره a.c المعطاه للمبه ، مما ينتج عنه التحكم في درجة أضاءتها ، ويكون التحكم الأساسي عن طريق تغيير جهد البوابه . ويصمم الجزء R_4-C_1 لكي يحدد معدل إرتفاع الجهد عبر العنصر أثناء عملية الغلق (switching off)



شكل (١-٧٤) دائرة خفض الأضاءه باستخدام دياك وترياك

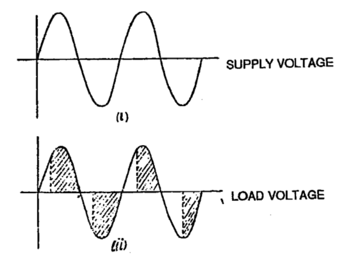
ويكون نظام عمل الدائرة كما يلي :

- عندما يزداد جهد الدخل في الأتجاه الموجب فإن C_1 C_2 يشحنان بمعدل يحسب علي أساس قيمة R_2 ، وعندما يتعدي الجهد عبر C_3 القيمة (break over) فإن الدياك يفتح (يوصل) .

- يفرغ المكثف C_3 خلال الدياك الموصل ببوابة الترياك .

- بواسطة ضبط قيمة R_2 يمكن التحكم في معدل شحن المكثفات وبالتالي التحكم في النقطه التـــي يفتح عندها الترياك في جهد الدخل سواء في النصف السالب أو النصف الموجب .

– ويوضح الشكل(١–٧٥) الأشكال الموجيه لجهدالدخل وجهد الخرج علي دائرة التحكم(diac - triac) .



شكل (١–٧٥) الأشكال الموجيه لجهد الدخل (*i*) وجهد الخرج (*ii*)



سويتش التحكم السيليكوني SILICON CONTROLLED SWITCH (SCS)

يتشابه هذا السويتش في بناءه مع الثيرستورمع وجود فرق واحد وهو أنه يحتوي علي بوابتين كما في شكل(١-٧٦) ، وهما بوابة الكاثود (Cathod gate) وبوابة الأنود (anode gate) .

ويمكن أن يتحول هذا السويتش الي ON أو OFF باستخدام أيا من البوابتين .

Anode (*A*)

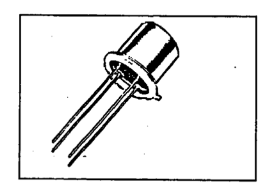
Anode gate (G_A)

Cathode gate (G_K)

Cathode (*K*)

شكل (١-٧٦) سويتش التحكم السيليكوني SCS

ومن الجدير بالذكر أن سويتش التحكم السيليكوني SCS يعمل بمعدلات قدره ضعيفه عند المقارنه بالثيرستور ، ويستخدم هذا السويتش في التطبيقات الرقميه مثل العدادات (counters) والمسجلات (registers) ودوائر التوقيت (timing) ويوضح شكل (١-٧٧) أحد نماذج هذا السويتش .



شكل (١-٧٧) أحد الأشكال المطابقه للسويتش (SCS)



الدائرة المتكامله . INTEGRATED CIRCUIT

تعريف الدائرة المتكامله

هي عباره عن مجموعه من عناصر أشباه الموصلات الدقيقه ، مصنعه في غلاف واحد وموصله داخليا بحيث تعطي دائرة كامله .

تصنيف الدوائر المتكامله

يمكن تصنيف الدوائر المتكامله كما يلي :

١- دوائر الحجر الواحد monolithic

٢- دوائر الشريحه الرقيقه أو الشريحه السميكه thin film or thick film

٣- الدوائر المختلطه hybrid

ويمكن تصنيفها من وجهة نظر أخري الي .....

١- دوائر متكامله خطيه linear ICs

٢- دوائر متكامله رقميه digital ICs

مزايا استخدام الدوائر المتكامله

١- الحجم الصغير الذي يمكن أن يصل الي ١/١٠ بوصه مربعه .

٢- استهلاك قدره ضعيف بالنسبه للنوعيه الاخري من الدوائر .

٣- تكلفة أقل .

٤- الحراره الناتجه عنها بسيطه لذلك ليس هناك حاجه للتبريد أو التهويه .

٥- تعمل الدائره المتكامله بكفاءه عاليه ربما تصل الي ٥٠ مره كفاءه الدوائر العاديه .

٦- تعمل بسرعه عاليه حيث أن الأشارة تأخذ زمنا أقل عند انتقالها داخل الدائرة .

٧- عدم وجود لحامات داخليه يقلل من إحتمال حدوث فصل داخلي للأطراف حيث أن المكونات تتصل ببعضها عن طريق شرائح رقيقه من المعدن .

٨ - أي جهاز مصنع من الدوائر المتكامله يتمتع بالميزات التاليه

- عدد المكونات الداخليه أقل
- توصيلات أقل وبالتالي زمن تجميع وتصنيع أقل .

عيوب استخدام الدوائر المتكامله:

١- لايمكنها العمل بتيارات أو جهود عاليه بسبب صغر حجمها وإلا سوف تتلف أجزاءها الداخليه بسبب الحراره المتولده .

٢- بعض المكونات لا يمكن تصنيعها داخل دوائر متكامله مثل الملفات وتطبيقاتها.

كما أن تصنيع المقاومات والمكثفات بالغ الصعوبه بسبب المساحه الكبيرة نسبيا والتي يحتلها كـل منهما داخل الدائرة المتكامله وخاصة مع القيم الكبيرة .

٣- لا يمكن اصلاح الدائرة المتكامله عند عطب أي جزء منها مما يُلزم إستبدالها بالكامل .

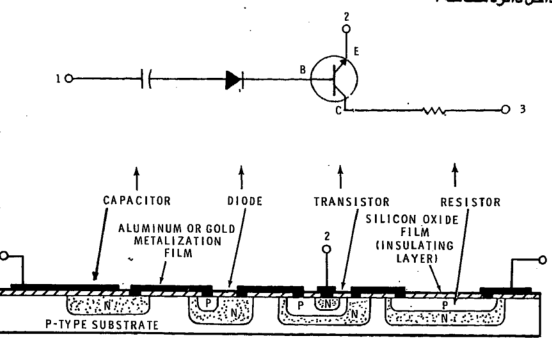
ومع كل ذلك فإن العيوب البسيطه في استخدام الدوائر المتكامله يمكن تجاهلها بالنسبه للمميزات التي تتمتع بها بوضع عام .

مثال علي دائرة متكامله من النوع ثنائي القطبيه

- يمكن تصنيع المكونات الاليكترونيه داخل الدائرة المتكامله بواسطة نشر المواد الشائبه في مناطق معنيه من الشريحه شبه الموصله والتي يطلق علهيا (subtrate) .

وتعرف عملية الأنتشار (diffusion) بأنها عملية يتم فيها السماح للشوائب في صورتها الغازيه بالنفاذ الي داخل الشريحه شبه الموصله وذلك تحت درجة حراره عاليه لتكوين مناطق سالبه (N) ، وموجبه (P) بنظام معين حسب نوع الدائرة ، ويوضح الشكل (١-٧٨) دائرة اليكترونيه بسيطه مصنعه

داخل دائرة متكامله .



شكل (١-٧٨) دائرة اليكترونيه بسيطه مصنعه داخل دائرة متكامله

وتحتوي الدائرة الموضحه علي مكثف وثنائي (diode) وترانزستور NPN ومقاومه ، ويتم امداد جهود التشغيل للدائرة خلال الأطراف 3,2,1 كما بالشكل .

تصنيع المقاومه داخل الدائرة المتكامله

تعمل الشريحه الطويله من النوع (P) كمقاومه محكومه القيمه بواسطة طولها وعرضها حيث أن زيادة الطول يؤدي الي إرتفاع قيمتها بينما زيادة العرض يخفض من قيمتها .
أيضا يمكن التحكم في قيمة المقاومه بواسطة التحكم في تركيز الشوائب في البللورة (p) حيث أن زيادة التركيز يعطي مقاومه منخفضه والعكس صحيح .

تصنيع المكثف داخل الدائره المتكامله

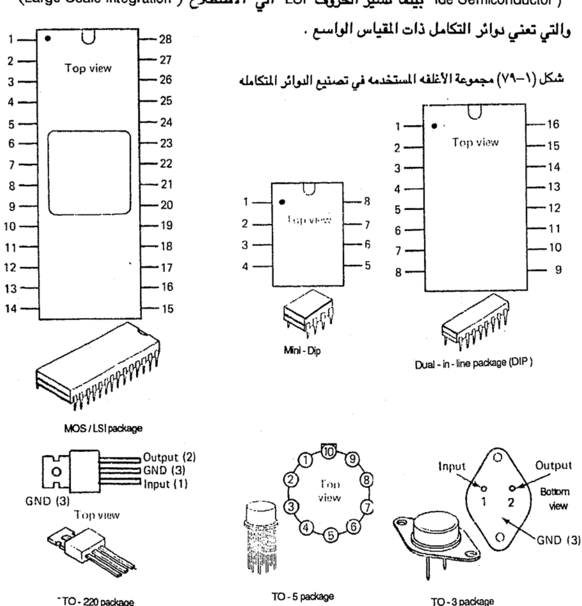
تعمل المنطقه المنتشرة من النوع (N) كلوح سفلي للمكثف ، وتعمل شريحة اكسيد السيليكون كعازل، أما اللوح العلوي للمكثف فهو عبارة عن الطبقه المعدنيه المترسبه علي سطح الطبقه الأكسيديه ، هذا

النوع من المكثفات ينسب الى مكثفات الاكسيد المعدني (metal oxide) ، وتحدد قيمة المكثف بواسطة مساحة سطح الالواح وسمك طبقة الأكسيد وثابت العزل بالنسبه لطبقة الاكسيد . وعامة فإنه ليس من الممكن إستخدام مكثفات تزيد قيمتها عن عدد قليلا من مئات البيكوفاراد.

أغلفة الدوائر المتكاملة

يشرح شكل (١-٧٩) مجموعه من الأغلفه المستخدمه في تصنيع الدوائر المتكامله ، ويستخدم النوع MOS/LSI PACKAGE للدوائر المعقدة . أما الحروف MOS فهي تشير الى الأصطلاح (Metal Oxide Semiconductor) بينما تشير الحروف LSI الى الأصطلاح (Large Scale Integration) والتي تعني دوائر التكامل ذات المقياس الواسع .

شكل (١-٧٩) مجموعة الأغلفه المستخدمه في تصنيع الدوائر المتكامله

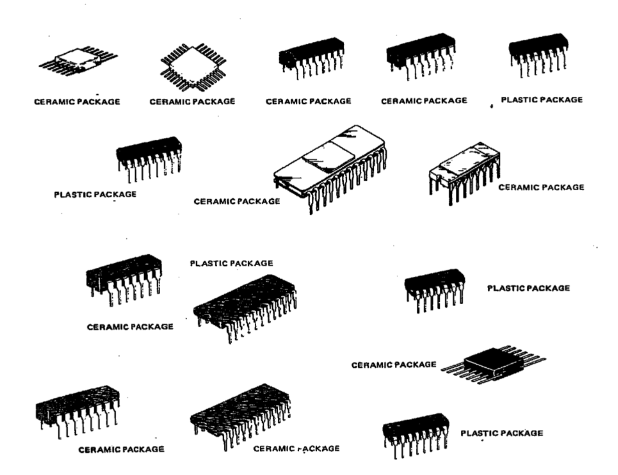


نماذج من الدوائر المتكامله

فيما يلي أهم أنواع الدوائر المتكامله:

(أ) الدوائر المتكامله الخطيه (linear ICs)

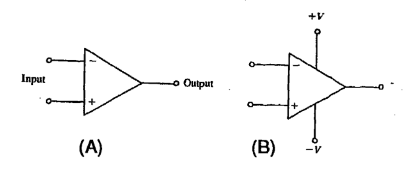
(ب) الدوائر المتكاملة الرقمية (digital ICs)



تستخدم المكبرات التشغيليه أساسا في إجراء العمليات الحسابيه مثل الجمع والطرح والتكامل (integration) والتفاضل (differentation) للإشارة وبناءا علي ذلك سميت بهذا الإسم .
وتصنع المكبرات التشغيليه حديثا داخل دوائر متكامله خطيه (linear ICs) ومن مميزاتها أنها تستخدم منابع إمداد ، قدره منخفضه نسبيا ذلك بالاضافه الي كفاءتها العاليه ورخص ثمنها .

الرمز المستخدم للتعبير عن المكبرات التشغيليه

يظهر في شكل (١-٨٠) الرمز المستخدم للتعبير عن المكبر التشغيلي ، وهو يحتوي علي طرفين في الدخل يطلق علي أحدهما الدخل العاكس (-) ، (inverting input) والدخل الغير عاكس (+) (noninverting input) بالإضافه الي طرف واحد للخرج (output).



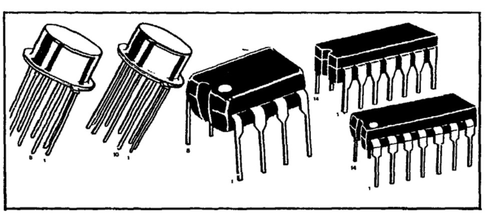
شكل (١-٨٠) الرمز المستخدم للتعبير عن المكبر التشغيلي

ويعمل المكبر التشغيلي بإستخدام منبعي امداد قدره ، أحدهما موجب والآخر سالب كما في شكل (١-٨٠) (B) ، وعادة فإن هذه الأطراف تهمل أثناء الرسم للتبسيط فقط مع اعتبار انها بالطبع موجودة .

الشكل الخارجي للمكبر التشغيلي

يوضح شكل (١-٨١) بعض النماذج الحقيقيه للمكبرات التشغيليه موضحا عليها أرقام الأطراف والتي

تصل في بعض الأحيان إلي ٨ ، ١٠ ، ١٤ طرف .



شكل (١-٨١) بعض نماذج المكبرات التشغيليه

المكبر التشغيلي المثالي ideal operational amplifier

حتي نتفهم ماهو المكبر التشغيلي سوف نفترض الخواص المثاليه له ، وهو بالطبع لن يكون بهذه المواصفات تماما ، ولكننا نفترضها لتسهيل دراسة وتحليل هذا النوع من الدوائر .

١- كسب الجهد (voltage gain) = ∞

٢- عرض النطاق (band width) = ∞

٣- معاوقة الدخل (input impedance) = ∞ بمعني (open) ، بحيث انه لا يسحب أي قدره من منبع التشغيل (driving source) .

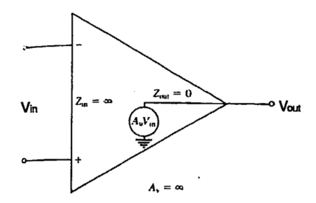
٤- معاوقة الخرج (output impedance) = صفر

وتظهر هذه الخواص مجتمعه في شكل (١-٨٢) حيث يظهر جهد الدخل Vin بين طرفي الدخل و نلاحظ الآتي :

- معاوقة الدخل $Z_{in} = \infty$

- معاوقة الخرج $Z_{out} = 0$

-جهد الخرج يساوي Av Vin حيث Av هو كسب الجهد و Vinهو جهد الدخل .



شكل (١-٨٢) المكبر التشغيلي المثالي ideal operational amplifier

المكبر التشغيلي الفعلي

بالطبع لا يمكن ان يكون المكبر التشغيلي بنفس المواصفات السابق ذكرها تماما وانما هو مثل أي عنصر اليكتروني يكون له خصائص محدودة كذلك له حدود ومقننات بالنسبه لفرق الجهد والتيار.

أما خواص المكبر التشغيلي الحقيقي فهي كما يلي :

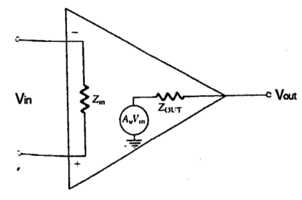
– كسب الجهد (voltage gain) عالي ويمكن تخفيضه باستخدام التغذيه الخلفيه (feed back) .

– معاوقة الدخل (input impedance) عاليه بحيث لا تتسبب في خفض المعاوقه العاليه لمنابع الأشارة .

– معاوقة الخرج (output impedance) منخفضه بحيث تكون قادرة علي دفع الإشارة للحمل منخفض المعاوقه .

– عرض النطاق (band width) واسع .

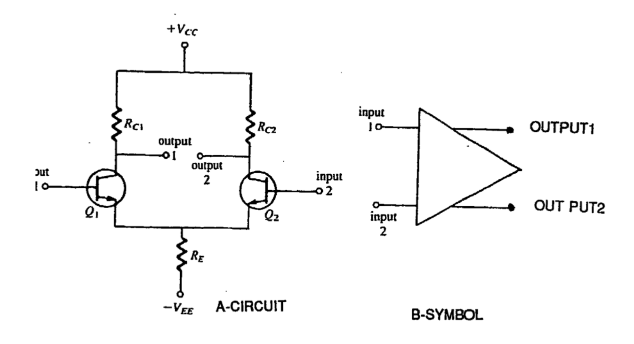
وتظهر هذه الخصائص مجتمعه في شكل (١-٨٣)



شكل (١-٨٣) الخصائص الفعليه للمكبر التشغيلي

المكونات الداخليه للمكبر التشغيلي

يتكون المكبر الشتغيلي اساسا من مرحلتين أو اكثر من دوائر المكبر الفرقي (differential amplifier) ويظهر في شكل (١-٨٤) دائرة المكبر الفرقي والتي تحتوي علي ترانزستورين Q_1 , Q_2 ويظهر الي اليمين الرمز المستخدم للتعبير عن المكبر الفرقي (differential amplifier))



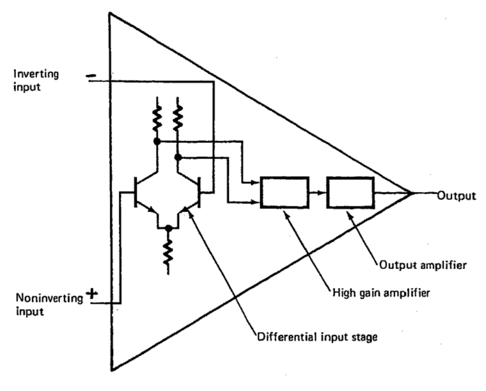
شكل (١-٨٤) دائرة المكبر الفرقي (differential amplifier)

ويظهر الي اليمين الرمز المستخدم للتعبير عنها .

وحتي نستطيع أن نتخيل العلاقه بين المكبر التشغيلي والمكبر الفرقي فإن شكل (١-٨٥) يشرح هذه العلاقه حيث نجد أن المكبر الفرقي يعطي الخرج أولا الي دائرة تكبير عاليه الكسب (High gain amplifier) يليها مكبر إخراج (output amplifier).

لاحظ أيضا الدخل العاكس (inverting input) والدخل الغير عاكس (noninverting input) وكيفية

إتصالهما بقواعد الترنزستورات وأسلوب الحصول علي الخرج موحدا في طرف واحد .



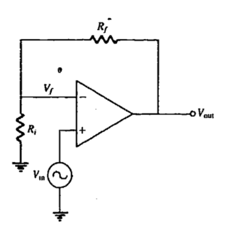
شكل (١-٨٥) المكبر الفرقي داخل دائرة المكبر التشغيلي

بعض تطبيقات المكبرات التشغيليه

(١) دائرة المكبر الغير عاكس noninverting amplifier:

يوصل المكبر التشغيلي كمكبر غير عاكس (voltage gain controlled noninverting amplifier) كما في شكل (١-٨٦) . في هذه الدائرة تعطي اشارة الدخل علي طرف الدخل الغير عاكس ويتم ارجاع إشارة الخرج الي طرف الدخل العاكس خلال دائرة التغذيه الخلفيه المكونه من R_F, R_I .
وتمثل المقاومات R_F, R_I دائرة مجزئ جهد تعمل علي تقليل جهد الخرج (Vout) العائد الي الدخل الغير عاكس والذي يسمي جهد التغذية الخلفيه ويعبر عنه بالمعادله الآتيه :

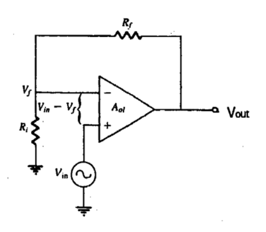
$$V_f = \left(\frac{R_i}{R_i + R_f} \right) V_{out}$$



شكل (١-٨٦) دائرة المكبر الغير عاكس

ويكون دخل المكبر التشغيلي في هذه الحاله هو الفرق بين جهد الدخل V_{in} وجهد التغذيه الخلفيه V_F وذلك كما هو موضح في شكل (١-٨٧) ، هذا الجهد الفرقي يكبر بواسطة كسب المكبر التشغيلي (open loop gain) والذي يرمز له بالرمز A_{ol} لكي ينتج في النهايه جهد الخرج في الصورة التاليه :

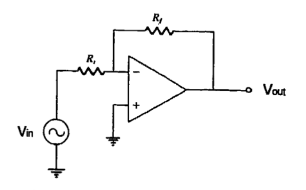
$$V_{out} = A_{ol} (V_{in} - V_f)$$



شكل (١-٨٧) نظام عمل المكبر الغير عاكس

(٢) دائرة المكبر العاكس Inverting amplifier

تشـــــرح الدائـــرة الموضحه في شــكل (١-٨٨) أسلوب توصـيل المكبر التشغيلي كمكـبر عـاكـس (voltage gain controlled inverting amplifier). إشارة الدخل تعطي خلال مقاومه توالي R_i علي طرف الدخل العاكس أما جهد الخرج V_{out} فهو يغذي خلفيا خلال مقاومة التغذيه العكسيه R_F لتصل الي نفس الدخل (العاكس) ، أما طرف الدخل الغير عاكس فهو يوصل بالأرضي.



شكل (١-٨٨) المكبر العاكس (inverting amplifier)

وفي نهاية تحليل هذه الدائره سوف نصل الي النتيجه التاليه :

$$A_{cl} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-R_f}{R_i}$$

وتشير الاشارة الساليه في هذه الحاله الي أن المكبر عاكس للسطور

(٣) دائرة تابع الجهد voltage follower

نعتبر دائرة تابع الجهد (voltage follower) حاله خاصه من دوائر المكبر العاكس حيث يغذي جهد الخرج بأكمله خلفيا الي الدخل العاكس للمكبر التشغيلي كما في الشكل (١-٨٩).

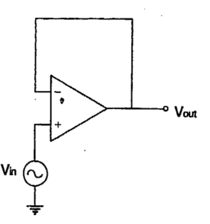
وتحقق هذه الدائرة المواصفات التاليه:

١- كسب الجهد(A_{cl})يساوي 1 .

٢- معاوقة الدخل مرتفعه جداً

٣- معاوقة الخرج منخفضه جدا .

وعلي هذا فإن هذه الدائرة تعتبر مناسبه جدا كمكبر صد (buffer) بين مصدر ذي معاوقه خـرج مرتفعه (high o/p impedance) وحمل ذي معاوقه دخل منخفضه (low i/p impedance) ، وتمثل المعاوقه المرتفعه لدائرة تابع الجهد حملا كهربيا خفيفا بالنسبه لمصدر الأشارة كما أن معاوقه الخرج المنخفضه تدفع التيار بكمية كبيرة نسبيا الي الحمل .

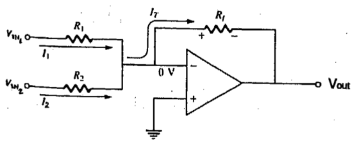


شكل (١-٨٩) دائرة تابع الجهد باستخدام مكبر تشغيلي
(operational amplifier voltage follower)

(٤) دائرة مكبر الجمع (summing amplifier)

يعتبر مكبر الجمع من أهم تطبيقات المكبر التشغيلي ونري في شكل (١-٩٠) مكبر جمع يحتوي علي طرفي دخل Vin2 ، Vin1 ، مع ملاحظة أنه يمكن استخدام أي عدد مناسب من اشارات الدخل لجمعها ، ويكون جهد الخرج هو سالب الجمع الجبري لجهود الدخل حيث نجد أن الخرج في الدائرة الموضحه يمثل بالمعادله :

$$V_{out} = -(V_{in1} + V_{in2})$$

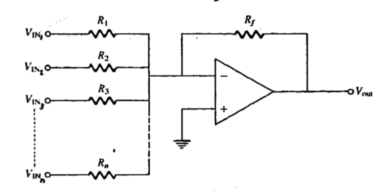


شكل (١-٩٠) دائرة مكبر الجمع بإستخدام مكبر تشغيلي

ويمكننا التعبير عن الحاله العامه لأي عدد من الادخالات وليكن (n) بالمعادله الاتيه :

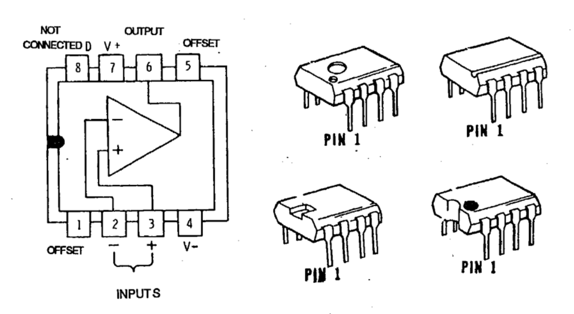
$$V_{out} = (V_{IN1} + V_{IN2} + ... + V_{INn})$$

وتستخدم الدائرة الموضحه في شكل (١-٩١) لتمثيل مكبر جمع باستخدام عدد (n) من الادخالات .



شكل (١-٩١) مكبر جمع لمجموعة من اشارات الدخل عددها (n)

مثال علي أحد المكبرات التشغيليه



شكل (١-٩٢) المكبر التشغيلي 741 كمثال تطبيقي علي المكبرات التشغيليه .

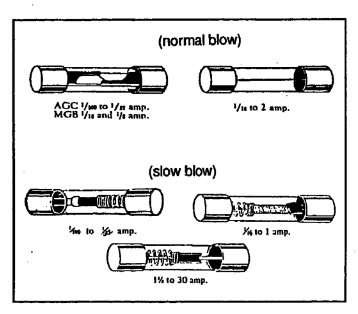
ثالثا : أنظمة الحمايه بالدوائر



المصهر FUSE

"المصهر" هو أحد المكونات الأساسيه المستخدمه في حماية الدوائر الاليكترونيه . ويحتوي "المصهر" علي ماده معدنيه تنصهر عند درجه حراره منخفضه بحيث اذا ارتفع التيار بالدائرة عن معدله الطبيعي ترتفع معه درجة حرارة مادة "المصهر" لتنصهر وتفصل الدائرة عن خط إمداد القدره ، وهنا يجب فحص الدائرة ومعالجتها قبل استبداله .

ويظهر في شكل (١-٩٣) مجموعه من"المصهرات" تعمل بنظام (normal blow) (في الجزء العلوي من الشكل) ومجموعه تعمل بالنظام (slow blow) (في الجزء السفلي من الشكل) وسوف يوضح فيما بعد ما هو المقصود بهذه الأنظمه .



شكل (١-٩٣) الأنواع الأساسيه في"المصهرات"

وعادة مايثبت "المصهر" بين خط منبع امداد القدرة والملفات الابتدائيه للمحول ، لذلك فإن إنصهاره ، يفصل المحول من منبع امداد القدره .

المواصفات الفنيه للمصهرات

تخضع "المصهرات" لثلاثة مواصفات رئيسيه .

١- معدل التيار

يعبر عنه بالأمبير وهو عبارة عن التيار الكهربي الذي يستطيع "المصهر" إمراره دون أن يحترق

ويتراوح هذه القيمه عادة بين ١ مللي أمبير و٣٠ أمبير .

٢- معدل الجهد

وهو يعبر عن نقطة الجهدالتي يحترق عندها المصهرلأي قيمه لتيارالقصر(short circuit current)

حتي ١٠٠٠٠ أمبير ، ويتراوح معدل الجهد عادة بين ٣٢ فولت ، ١٢٥ فولت ، ٢٥٠ فولت .

٣- خصائص الأنصهار

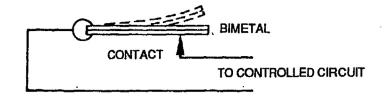
يمكن أن يعمل "المصهر" بأحد نظامين :

(أ) normal blow : في هذا النظام يحترق "المصهر" بعد حوالي ١٠ مللي ثانيه من تعرضه لتيار يقدر بخمسة أضعاف المعدل الذي يعمل عليه .

(ب) slow blow : في هذا النظام يحترق "المصهر"اذا تعرض لنفس القيمه السابقه من التيار ولكن بعد زمن قدره ثانيتين .

BIMETAL THERMOSTAT الثرموستات ثنائي المعدن

تستخدم عناصر الثرموستات ثنائي المعدن في أنظمة الحمايه بالدوائر وتعتمد نظريتها علي أن معدل التمدد في المعادن المختلفه يكون غير متساوي ، ويظهر في شكل (١-٩٤) أحد العناصر ثنائية المعدن المبسطه حيث نجد أنه يحتوي علي نوعين مختلفين من المعادن المثبتين معا . ارتفاع درجة الحراره يسبب تمدد المعدن (A) في الشكل اكثر من المعدن (B) ، كنتيجة لذلك فإن المعدن البيني يبدأ في الألتفاف ويفتح تلامسات السويتش ، وعندما تتناقص درجة الحراره تغلق تلامسات السويتش وتعود الدائره للتوصيل مره أخري .



شكل (١-٩٤) الثرموستات ثنائي المعدن

ويستخدم الثرموستات ثنائي المعدن بصوره واسعه لمراقبة إرتفاع درجة الحراره وفصل الدائره عند الدرجه المناسبه .

وعندما يستخدم الثرموستات كقاطع دائره ، فإن الدائره تصمم بحيث تعود للتوصيل مره أخري بمجرد زوال سبب إرتفاع درجة الحراره .

رابعا : العناصر الضوئيه

خصائص الضوء

يعرف الضوء طبقا لأحدث النظريات بأنه عبارة عن حزم محدده من الطاقه تسمي فوتونات photons، وتعتمد الطاقه الكامنه في الفوتون علي تردد الضوء ، ويعبر عنها بالمعادله التاليه:

$$E = hf$$

حيث : E ..... الطاقه

f ...... التردد

h ...... ثابت بلانك وقيمته ٦,٦٢ × ١٠^-٣٤ جول ثانيه

ويمكننا من المعادله السابقه أن نلاحظ أن الطاقه الضوئيه ترتبط مباشرة بالتردد ، بحيث كلما ازداد التردد تزداد معه الطاقه الضوئيه والعكس صحيح .

ويعبر عن الطول الموجي بالعلاقه

$$\lambda = \frac{C}{F}$$

حيث λ...... الطول الموجي (بالمتر)

c...... سرعة الضوء (وتساوي ٣ × ١٠^٨ م/ثانيه)

f ..... التردد (بالهرتز)

وعادة مايعبر عن الطول الموجي بالأنجستروم ($\mathring{A}$) حيث :

$$1\ \mathring{A} = 1 \times 10^{-10} \text{ meter}$$

وتقاس كمية الضوء الصادر من أي منبع ضوئي بالليومن (lumen) ويرمز له بالرمز (lm) ويعبر عن شدة الضوء بأنها كميه الطاقه الساقطه علي مساحه محدده ووحداتها ليومين / م٢ (lm/m^2) ، أو foot condles (fc) أو $watt/m^2$

وتستخدم العلاقه التاليه في ربط هذه الوحدات معا:-

$$1 \text{ f.c} = 10.764 \ lm/m^2 = 1.609 \times 10^{-12} \ w/m^2$$

وهناك وحدة قياس أخري يمكن استخدامها وهي الوحده العياريه الدوليه ويطلق عليها (لكس) (lux) حيث :

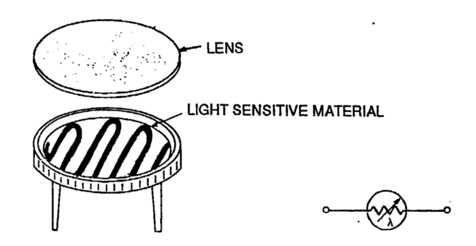
$$10.76 \ \text{lux} = 1 \ \text{fc}$$



خلية التوصيل الضوئي PHOTO CONDUCTIVE CELL

هي عباره عن عنصر مصنع من أشباه الموصلات تتغير مقاومته طبقا لشده الضوء الساقط علي مادته الحساسه و يكون هذا التغير بعلاقه عكسيه ، ويظهر في شكل (١ – ٩٥)احد أنواع هذه الخلايا و الي جوارها الرمز المستخدم للتعبير عنها .

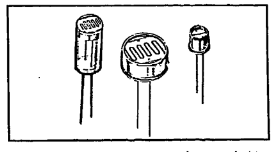
وتعرف هذه العناصر أيضا باسم خلايا الاحساس الضوئي (photo senstive cells) أوالمقاومه الضوئيه (photo resistors)



شكل (١ – ٩٥) خليه التوصل الضوئي و الي اليمين الرمز المستخدم للتعبير عنها

و يشير الحرف λ الي أن المقاومه تتغير مع الضوء ، أما الجزء الثعباني الظاهر في الشكل فهو عباره عن ماده خاصه من أشباه الموصلات تتناقص مقاومتها مع زيادة شدة الضوء الساقط عليها .

و يتصل طرفي الخليه بنهايتي الجزء الثعباني و تغطي بعدسه كما بالشكل ، كما تظهر في شكل (١ – ٩٦) بعض النماذج المطابقه من هذه الخلايا .



شكل (١ – ٩٦) بعض نماذج خليه التوصل الضوئي

وتصنع هذه الخلايا عادة من مركبات الكادميوم مثل Cadmium sulfide (cds) أو (cdse) Cadmium selenide وتستخدم هذه الخلايا في أجهزة القياسات الضوئيه و الكاميرات و أعمال الحصر عندما يتحرك الشئ المراد حصره بسرعه أمام الخليه بحيث يقطع الشعاع الضوئي ، كما تستخدم في فتح الابواب آليا و ما شابه ذلك من التطبيقات .

ملاحظات هامه :

– يمكن أن يصل نصف قطر الخليه من ٢٥, بوصه الي بوصه واحده أو أكثر .

– من عيوب أستخدام هذه الخلايا أن لها ذاكره ضوئيه بحيث تتأثر بالحاله الضوئيه السابقه حتي بعد تلاشيها .

– يمكن أن تصل مقننات الجهد الذي تعمل عليه هذه الخلايا الي ٣٠٠ ڤولت (d . c) و تصل القدره المبدده بواسطتها الي ٣٠٠ مللي وات .

– لا تحتوي هذه الخلايا علي طرف سالب و طرف موجب ، و لذا فهي ثنائيه الاتجاه و تعطي نفس قيمه المقاومه في الاتجاهيين لذلك يمكنها العمل مع التيار المستمر أو التيار المتردد .



الخليه الشمسيه solar cell

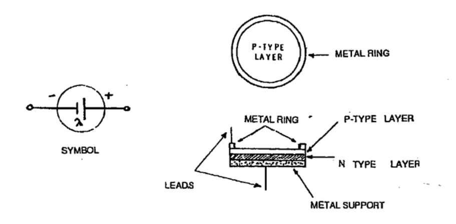
يعتمد عمل الخليه الشمسيه علي مبدأ تحويل الطاقه الضوئيه الي طاقه كهربيه مباشره و عندما تتعرض الخليه الشمسيه للضوء يتولد جهدا علي طرفيها يزداد مع إزدياد شدة الضوء

البناء العام للخليه الشمسيه و نظريه عملها

تصنع هذه الخلايا من مادة السيليكون أو السيلينيوم ، و تكون خلايا السيليكون عالية الكفاءة قدر ٢٥ مره مثيلتها في خلايا السيلينيوم ، و المقصود بالكفاءة هنا قيمه الطاقه الكهربيه المأخوذه من العنصر بالنسبه لمقدار الطاقه الشمسيه الساقطه علي الخليه .

وتتكون الخليه الشمسيه الأساسيه من ماده شبه موصله من النوع (N-) والنوع (p) لتكون وصله P-N.

ويكون السطح السفلي للخليه بعيدا عن الضوء كما في شكل(١ - ٩٧)و يغطي بطبقه موصله و التي توصل بأحد أطراف الخليه . و تكون مساحة السطح العلوي واسعه بقدر الامكان لتحقيق أعلي نسبه تعريض لأشعه الشمس و بها تلامس صغير يؤدي إلي الطرف الثاني للخليه .

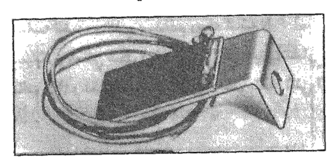


شكل (١ – ٩٧) الخليه الشمسيه و الي اليسار الرمز المستخدم للتعبير عنها

و عندما تسقط أشعه الشمس خلال الماده شبه الموصله فإن الفوتونات تمتص و تخترق السطح المعرض لأشعه الشمس هذا مما يدفع العديد من الالكترونات التي إمتصت طاقه هذه الفوتونات لأن تتحرر وتكون أزواجاً من الالكترونات والفجوات

هذه العمليه تخلق مجالا كهربياً عبر الوصله بواسطة الأيونات الموجبه و السالبه التي نتجت ليظهر بذلك الجهد الكهربي عبر الوصله .

و يظهر في شكل (١ – ٩٨) أحد النماذج المستخدمه من هذه الخلايا و التي تستخدم في أجهزه قياس الضوء حيث نجد أن الجهد الصادر عنها يعتمد علي كميه الضوء الساقط عليها .

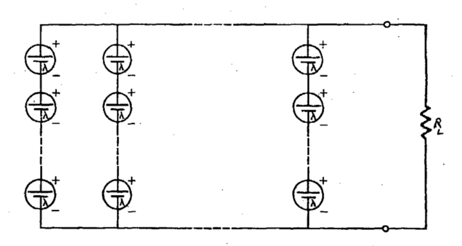


شكل (١ – ٩٨) أحد نماذج الخلايا الشمسيه

معدلات الخليه الشمسيه

تحتاج مثل هذه العناصر الي مستويات ضوء عاليه لكي تعطي قدره خرج صالحه للاستخدام ، و يمكن أن تعطي الخليه حوالي ٤٥ , ڤولت و ذلك عند إستخدامها في دائره مفتوحه (غير موصله بحمل) كما يمكن الحصول علي تيار حمل يصل الي ٦٠ مللي أمبير عند تحميلها .

و عموما فإنه عن طريق توصيل عدداً كبيراً من هذه الخلايا علي التوالي و التوازي كما في الشكل (١ – ٩٩) يمكن الحصول علي جهود و تيارات عاليه نسبياً .

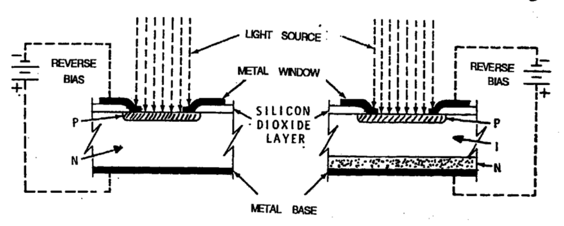


شكل (١ – ٩٩) توصيل الخلايا علي التوالي و التوازي لتحقيق جهود و تيارات أعلي



الثنائي الضوئي Photo diode

هو أحد الدوائر الحساسه للضوء و الذي يستخدم وصله ثنائيه P-N أساساً لعمله . و يصنع هذا العنصر من مادة السيليكون كمافي شكل (١ – ١٠٠) حيث يتم أنتشار المنطقة الموجبه (P) داخل قاعده من النوع السالب (N) و ذلك خلال فتحه دائريه داخل منطقه ثاني اكسيد السيليكون المشكله علي سطح القاعده (N) .



شكل (١ – ١٠٠) البناء الاساسي لنوعي الثنائي الضوئي

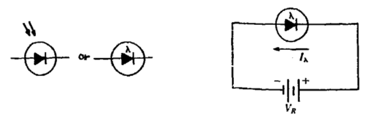
بعد ذلك يتم تشكيل حلقه معدنيه أو نافذه علي منطقه ثاني اكسيد السيليكون (metal window) عن طريق عمليه التبخير و التي تعمل علي إتمام التلامس الكهربي بالمنطقه (p) بالاضافه الي انها تعمل كقطب يمكن توصيل الطرف الداخلي به ، و تتحكم هذه النافذه بدقه في المنطقه التي تستقبل أوتستجيب للضوء .

بعد ذلك تشكل قاعده معدنيه علي المنطقه السالبه (N) تعمل مكان القطب الثاني و الذي يوصل به الطرف الآخر .

و عندما يتعرض الثنائى الضوئي للضوء فإنه يتولد جهد خرج بين طرفيه (قطبيه) تتغير قيمته مع شدة الضوء الساقط علي السطح الموجب .

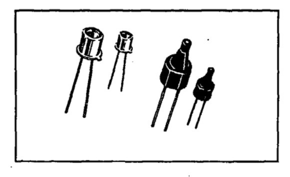
و يوصل الثنائى الضوئي عكسياً (reverse) في الدوائر كما في شكل (١ – ١٠١) و يظهر الي

جواره رمزا آخر يستخدم للتعبير عنه بخلاف الرمز المستخدم بالدائره .



شكل (١ - ١٠١) توصيل الثنائي الضوئي و الي اليسار الرمز المستخدم للتعبير عنه

كما يظهر في شكل (١ - ١٠٢) بعض النماذج و الأشكال الحقيقيه للثنائي الضوئي



شكل (١ - ١٠٢) بعض النماذج الحقيقيه للثنائي الضوئي

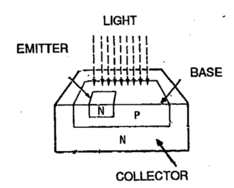


Photo transistor الترانزستور الضوئي

يشابه في تكوينه الترانزستور العادي و تكون الوصله بين المجمع (collector) و القاعده (base) اكثر حساسيه للضوء حيث يتم إسقاط الضوء عليها خلال عدسه في الغلاف الخارجي .

عندما لا يكون هناك ضوءاً ساقطا علي الوصله ، يمر تيار تسريب ضعيف جداً Iceo من المجمع (collector) الي المشع (emitter) يطلق عليه تيار الاظلام (dark current) و يكون في نطاق النانو أمبير ، و عندما يسقط الضوء علي الوصله بين المجمع و القاعده يظهر تيارالقاعده I_B والذي يتناسب طرديا مع كثافه الضوء الساقط فيسبب مرور تيار المجمع والذي يتناسب مع تيار القاعدة .

ويوضح شكل (١ ـ ١٠٣) البناء العام للترانزستور الضوئي .



شكل (١ – ١٠٣) البناء العام للترانزستور الضوئي

ملاحظه

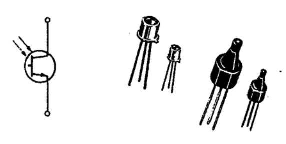
يمكن أن يوجد الترانزستور الضوئي في أحد صورتين :

١ – نموذج يحتوي علي ثلاثه أطراف ، و هنا يمكن استخدامه كترانزستورعادي له حساسيه للضوء أو بدون .

٢ – نموذج يحتوي علي طرفين بدون طرف للقاعده ، و يمكن أن يعمل فقط بواسطه الضوء .

و يظهر في شكل (١ – ١٠٤) بعض النماذج الحقيقيه من الترانزستور الضوئي و الي جوارهـا

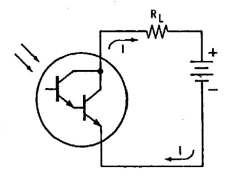
الرمز المستخدم للتعبير عنه .



شكل (١- ١٠٤) اشكال الترانزستور الضوئي و الي جوارها الرمز المستخدم

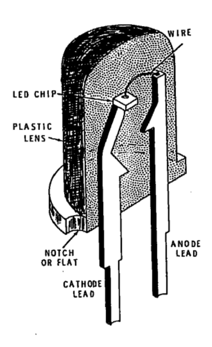
الفوتودارلنجتون

هو عباره عن ترانزستور عادي موصل بترانزستور ضوئي كما في شكل (١- ١٠٥) ، و هذا النوع من التوصيل يعطي حساسيه اعلي حيث أن كسب الترانزستور الضوئي مضروبا بكسب الترانزستور العادي يعطي تيار خرج عالي ، هذا مع ملاحظة أن استجابته في هذه الحاله بالنسبه لتغيرات الضوء تكون أكثر بطئا .



شكل (١ – ١٠٥) الفوتودارلنجتون

و يوضح شكل (١ - ١٠٨) قطاع في التغليف النهائي للثنائى .L.E.D وُيري فيـــه الشريحـــه (LED CHIP) الموضحه في الشكل السابق مثبته في أحدالأطراف كما يظهرالغلاف الخارجي المصنوع علي شكل عدسه بلاستيكيه (plastic lens) يبرز منها طرفي الثنائي ، الأنـــود (anode) و الكاثود (cathod) .



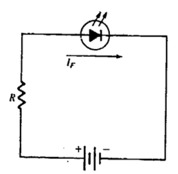
شكل (١-١٠٨) قطاع في التغليف النهائي للثنائي L.E.D



ثنائي الانبعاث الضوئي Light Emitting Diode

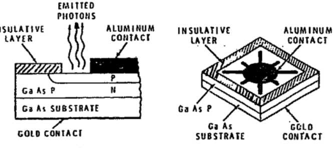
يعرف هذا النوع من الثنائيات بالحروف الاولي من أسمه وهي L . E. D ، وهو يعمل بطريقه مختلفه عند مقارنته بكل العناصرالضوئيه السابقه ، فبينما نجدأن الثنائي الضوئي (photo diode) يمتص الطاقه الضوئيه و يعطي إشاره كهربيه فإن الثنائي .L.E.D يشع الضوء عندما يثار بإشاره كهربيه .

ويوصل الثنائي.L.E.D كما في شكل (١ - ١٠٦) في الاتجاه الامامي (forward) و تعتمد نظرية عمل هذا الثنائي علي أن الاشاره الكهربيه المعطاه له عن طريق التوصيل الأمامي تعمل علي تحريك حاملات الشحنه مما يؤدي الي تولد فوتونات حره تنبعث في كل الاتجاهات مسببه أشعاع الضوء



شكل (١ - ١٠٦) توصيل الثنائي .L.E.D بالدائره

و يوضح شكل (١ - ١٠٧) الأسلوب المستخدم في تصنيع شريحة الثنائي .L.E.D و يري فيها النافذه التي تنبعث منها الاشعه الضوئيه عند تشغيله و يظهر في شكل (A) قطاع توضيحي ، أما الشكل (B) فيوضح الشريحه كامله و يظهر فيها تلامسات النحاس (العلويه) و تلامسات الذهب (السفليه) .



شكل (١ - ١٠٧) البناء العام للثنائي .L.E.D



الثيرستور الضوئي LASCR

يعمل الثيرستور الضوئى (Light Activated SCR) كما الثيرستور العادي تماما مع فرق واحد و هو أنه يمكن قدحه بواسطة الضوء .

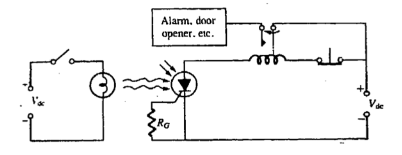
وتحتوي معظم هذه العناصر علي طرف بوابه قابل للقدح أيضا بواسطة نبضه كهربيه كما في الثيرستور العادي . و يظهر في شكل (١ – ١٠٩) الرمز المستخدم و كذلك بعض الاشكال الحقيقيه للثيرستور الضوئي .



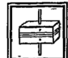
شكل (١–١٠٩) بعض النماذج الحقيقيه من الثيرستور الضوئي

ويظهر الي جوارها الرمز المستخدم

ويستجيب الثيرستور الضوئي جيدا للضوء عندما يكون طرف البوابه مفتوحا ، ويمكن وضع مقاومه من الكاثود للبوابه (gate) لتقليل حساسية الضوء ويوضح شكل (١–١١٠) استخدام الثيرستور الضوئي في تشغيل دائرة المتابع (relay) حيث تستخدم اللمبه في امداد الثيرستور بالضوء اللازم لتشغيله وهنا فإن تيار الأنود يقوم بشحن المتابع وقفل تلامساته .



شكل (١–١١٠) أحد الدوائر التطبيقيه للثيرستور الضوئي



ثنائي الليزر LAZER DIODE

تتكون كلمة LAZER من الحروف الأولي للاصطلاح :

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation والتي تعني "التكبيرالضوئي بواسطة الأشعاع المستحث" ، ويتميز ضوء الليزر بأنه يحتوي علي طول موجي واحد بخلاف الضوء الصادر عن الثنائي L.E.D .

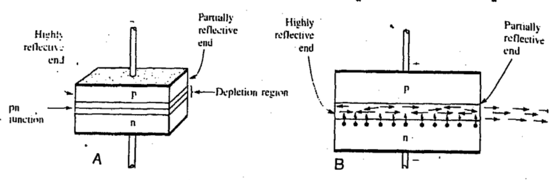
ويبدأ ثنائي الليزر في إشعاع الضوء المتماسك (ذو الطول الموجي الواحد) (Coherent) عند تيار معين أما تحت هذا التيار فإنه يتصرف كما الثنائي L.E.D ، بمعني أنه يعطي ضوءا غير متماسك (incoherent)

البناء العام ونظرية العمل

كما في شكل (١-١١١) نجد أن ثنائي الليزر عبارة عن وصلة P-N مصنوعة من المادة gallium arsenide ويحتوي علي سطحين أحدهما عاكس بشدة والثاني عاكس جزئيا، عندم يوصل الثنائي فإن حاملات الشحنه تتحرك ويبدأ تحرير الفوتونات كما في الثنائي العادي .

الفوتونات المتحرره تصطدم مع فوتونات أخري ، ومع زيادة التيار الأمامي فإن الفوتونات تزداد أيضا ويزداد معدل اصطدامها ، لتبدأ بعد ذلك في الارتطام بالأسطح العاكسه وتولد فوتونات أخري جديدة مع كل مره تصطدم فيها مع السطح العاكس .

بعد فترة يتكون شعاع رفيع جدا وقوي من ضوء الليزر ، يمكنه النفاذ من السطح العاكس جزئيا (partially reflective) ، ويلاحظ أن كل الفوتونات المنبعثه يكون لها نفس الطاقه والتردد والطور وبذلك نحصل علي الضوء ذو الطول الموجي الواحد (coherent light)



شكل (١-١١١) (A) البناء العام لثنائي الليزر

(B) نظرية عمل ثنائي الليزر

وفي نهاية هذا الجزء نستعرض بعض أشكال العناصر الضوئيه المستخدمه في الدوائر الاليكترونيه:

LAMPS

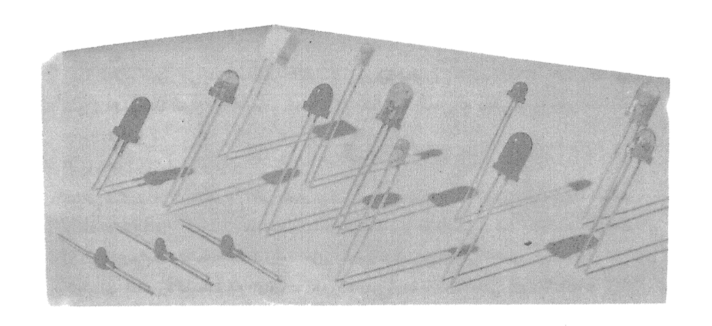
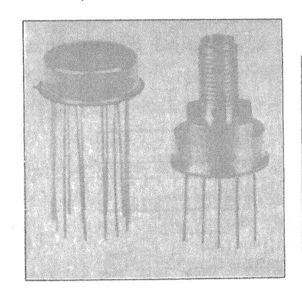


PHOTO DIODE MODULES



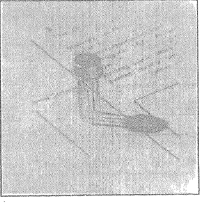
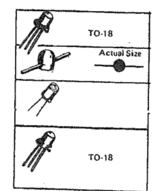


PHOTO TRANSISTORS



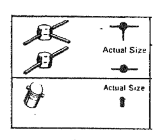
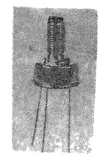
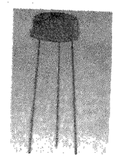
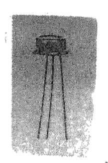


PHOTO DIODES







الباب الثاني

الوسائل المستخدمه للتعرف علي المكونات الاليكترونيه

COMPONENT IDENTIFICATION

الوسائل المستخدمه للتعرف علي المكونات الاليكترونيه

يحتاج العاملين بمجال الاليكترونيات بوضع عام الي التعرف علي بعض النقاط الأساسيه الخاصه بالمكونات الاليكترونيه وأسلوب تمييزها وتوصيلها ، وتتلخص هذه النقاط فيما يلي :

١- التعرف علي المكونات الأليكترونيه من مظهرها الخارجي .

٢- قراءة قيمة العنصر .

٣- الطريقه الصحيحه لتوصيل العنصر بالدائره .

٤- الرموز المستخدمه للتعبير عن المكونات الاليكترونيه بالدوائر .

وفيما يلي نناقش هذه النقاط بإيجاز

١-التعرف علي المكونات الأليكترونيه من مظهرها الخارجي

وقداستعرضنا خلال صفحات هذا الكتاب المظهر الخارجي لغالبية العناصر الاليكترونيه ، ويلاحظ أن شكل العنصر يختلف باختلاف الشركه المنتجه والمقننات التي يعمل عليها ذلك العنصر

٢- قراءة قيمة العنصر

هناك ثلاثة طرق تستخدم للتعبير عن قيمة العنصر

أ- القيمه المطبوعه علي العنصر: فنجد علي سبيل المثال أن معظم البطاريات تحتوي علي مقدار الجهد المأخوذ منها في صورة رقم مطبوع علي الغلاف الخارجي للبطاريه .

ب- كود الألوان : وهي أحد الطرق المألوفه في التعبير عن قيمة العنصر وذلك كما في الطريقة المتبعه في تحديد قيم المقاومات الملونه .

ج- رقم الصنف:وهو عبارة عن رقم مطبوع علي الغلاف الخارجي للعنصر ، وهذا الرقم يدل علي خصائص العنصر والتي يمكن الكشف عنها في الكتب الفنيه

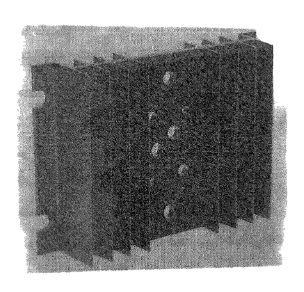
٣- الطريقه الصحيحه لتوصيل العنصر

هناك بعض المشاكل الرئيسيه التي يمكن أن نتعرض لها أثناء استخدام المكونات الاليكترونيه يمكن تلخيصها فيما يلي :

أ- بعض المكونات تكون مستقطبه ، بمعني أن لها طرف سالبا وآخر موجبا ، ويجب مراعاة التوصيل الصحيح لمثل هذه المكونات في الدوائر والا تعرضت للتلف واختل عمل الدائره كلها ، كذلك هناك بعض المكونات مثل الثيرستور أو الترانزستور تحتوي علي أكثر من طرفين ، في هذه الحاله يجب

التعرف علي كل طرف قبل توصيله .

ب- بعض المكونات يمكن أن تتلف أثناء عملية اللحام بسبب الحراره العاليه ، مثل هذه المكونات يجب حمايتها باستخدام كاوية لحام مناسبه (منخفضة القدره) ، كذلك يمكن إستخدام الشرائح المعدنيه كوسائل لتسريب الحراره بواسطة تثبيت العنصر عليها عند لحامه بالدائره ويوضح الشكل التالي أحد نماذج هذه الشرائح.



شكل (٢-١) أحد نماذج الشرائح المعدنيه المستخدمه لتبريد المكونات

جـ- بعض المكونات تكون حساسه في تكوينها البنائي ويجب تداولها برفق حتي لاتتلف .

٤- رموز المكونات الأليكترونيه

يشرح الجدول التالي أهم المكونات الاليكترونيه المستخدمه من حيث الرمز المستخدم للتعبير عنها ، عدد أطرافها ، وأسلوب قراءة قيمتها وأخيرا الملحوظات الأساسيه أثناء توصيلها في الدوائر.
تلاحظ في هذا الجدول أنه يمكن في بعض الأحيان استخدام اكثر من رمز للتعبير عن العنصر ، وفي العمود الخاص بالتعرف علي قيمة العنصر يذكر ما أذا كان التعرف عليه بواسطة الرقم أو كود الألوان أو معدلات التيار والجهد الذي يعمل عليها هذا العنصر .

اسم العنصر	الرمز المستخدم	عددالأطراف	التعرف علي قيمة العنصر	ملحوظات علي اسلوب العمل
خليـه		٢	بالرقم	مستقطبه (polar)
بطاريه		٢	بالرقم	مستقطبه (polar)
مقاومه	or	٢	كود الألوان أو الرقم المكتوب	
مقاومه متغيره	or	٣	بالألوان أوالرقم المكتوب	لها طرفان خارجيان متماثلان وطرف أوسط مختلف
مكثف		٢	بالألوان أوالرقم المكتوب	
مكثف كيميائي		٢	بالألوان أو الرقم المكتوب	مستقطب
مكثف متغير		٢	بالرقم المكتوب	
محاثه (inductor)		٢	بالرقم المكتوب	في بعض الأحيان تكون ثقيله ويجب تثبيتها جيدا في الدائره
ثنائي (diode)		٢	برقم الصنف	مستقطب وحساس للحراره
ترانزستور	or	٣	برقم الصنف	يجب التعرف علي أطرافه الثلاثه والالتزام بتوصيل كل طرف في مكانه ، كذلك فهو حساس للحراره
محول		متغير	بالرقم ، قيمة الدخل والخرج	عادة يكون ثقيل جدا ويحتاج الي تثبيته في الدائره ، ويجب عزل الأطراف ذات الجهد العالي كذلك يجب التمييز بين أطراف الدخل والخرج
أميتر	A	٢	أقصي قراءة علي المؤشر والحساسيه	مستقطب

اسم العنصر	الرمز المستخدم	عدد الأطراف	التعرف علي قيمة العنصر	ملحوظات علي اسلوب العمل
ڤولتميتر		٢	أقصي قراءة علي المؤشر والحساسيه	مستقطب
مقاومة تابعة الضوء L.D.R		٢	رقم الصنف	في بعض الأحيان تكون حساسه جدا ويجب تداولها بعنايه
ثنائي الأنبعاث الضوئي L.D.R		٢	رقم الصنف واللون	مستقطبه وحساسه للحراره
سماعه loud speaker		٢	رقم الصنف الأوم وقدرة الخرج	
ميكروفون		٢	رقم الصنف	
مصهر (فيوز)		٢	قيمة التيار ورقم الصنف.	
مفتاح (SW) push-to make SW push -to-break SW change over SW		٢ ٢ ٢ ٣	يحدد عادة بأقصي جهد مسموح وأقصي تيار يمكنه المرور به	يجب تحديد أطرافه
تقاطع اسلاك دون توصيل				
تقاطع اسلاك مع وجود نقطة لحام				
خليه ضوئيه photo voltaic cell		٢	رقم الصنف	مستقطبه
أرضي عمومي				

ملاحظات علي أسلوب التوصيل	التعرف علي قيمة العنصر	عدد الأطراف	الرمز المستخدم	اسم العنصر
				كابل معزول. shielded cable
				أرضي الجهاز (الشاسيه)
				قاطع دائره circuit breaker
		طبقا لعدد الأوضاع		مفتاح دوار متعدد الأوضاع multiple position
		٢		thermocouple إزدواج حراري
	جهد التشغيل	٢	+ − M	موتور (تيار مستمر) d.c motor
	جهد التشغيل	٢	M	موتور (تيار متردد) a.c motor
	جهد الاخراج وجهد التشغيل	٢	+ − G	مولد (تيار مستمر) generator (d.c)
	قيمة الحث وحدود التغيير	٢		ملف متغير (variable coil)
	جهد التشغيل ورقم الصنف	٢		لمبة إشاره (signal lamp)
	برقم الصنف	٣	G D S	ترانزستور التأثير المجالي FET TRANSISTOR N-CHANNEL

اسم العنصر	الرمز المستخدم	عدد الأطراف	التعرف علي قيمة العنصر	ملاحظات علي أسلوب التوصيل
ترانزستور التأثير المجالي FET TRANSISTOR P -CHANNEL	D S	٣	برقم الصنف	
ثنائي زينر Zener diode	A K	٢	برقم الصنف	
موحد التحكم السيليكوني (الثيرستور) S.C.R	A G K	٣	برقم الصنف	
الترياك TRIAC	G T T	٣	برقم الصنف	
ثنائي الأنبعاث الضوئي LED	A K	٢	برقم الصنف	

الباب الثالث

مبادئ وأسس لحام المكونات الاليكترونيه
وعمل الدوائر المطبوعه

SOLDERING &
PRINTED CIRCUITS

مبادئ وأسس لحام المكونات الأليكترونيه

مقدمه

تعتبر عملية اللحام في الدوائر الاليكترونيه من أهم العوامل التي تؤثر علي أداء الدائره وفعاليتها ، كذلك تتحكم الي حد كبير في زمن بقاء الدائره وإطالة عمرها الافتراضي وخاصة إذا كانت بعض المكونات الأصليه بالدائره قد تم استبدالها .

وفي الجزءالتالي نوضح بعض الاعتبارات الهامه في أسلوب تثبيت المكونات الاليكترونيه بواسطة اللحام والحفاظ عليها سليمه حتي يتم تثبيتها ، وكذلك اسلوب فك المكونات الاليكترونيه من علي اللوحات مع المحافظه علي لوحة التوصيل والعناصر دون إتلافها .

بعض الإعتبارات التي يجب مراعاتهاأثناءالتوصيل علي اللوحات (bread board)

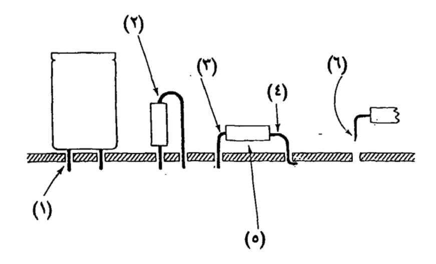
- لا تحاول ادخال الأطراف السميكه في ثقوب اللوحه بالقوه والذي يمكن ان يجعلها غير محكمه بحيث لاتصلح فيما بعد لتوصيل الأطراف الرفيعه ، ويمكنك في هذه الحاله توصيل الطرف السميك بآخر رفيع عن طريق اللحام ثم تثبيته في اللوحه .
- حاول توزيع المكونات علي اللوحه (board) بطريقه مشابهه للدائره التي تنفذها بقدر الأمكان حتي يسهل عليك تتبعها فيما بعد .
- لاتعمد الي لف اطراف الأسلاك معا حيث يمكن أن يكون التوصيل في هذه الحاله شبه متقطع وإنما إستخدم كاويه لحام .
- يجب أن تكون أطراف المكونات قصيرة بقدر الامكان لمنع حدوث قصر وللحفاظ علي أفضل اداء للدائرة .

تثبيت المكونات الاليكترونيه

بالرجوع الي شكل (٣-١)

- يجب توصيل المكونات أفقيا علي لوحة التوصيل هذا إذا لم يكن تصميم العنصر نفسه يوجب توصيله رأسيا . أنظر (١) ، (٥) شكل (٣-١) .
- لاتثن طرف العنصر من أقصي نهايته كما في (٣) وانما يجب ترك مسافه لتثبيت طرف الاختبار كما في (٤).

- يجب الحفاظ علي مسافة بضع ملليمترات بين العنصر واللوحه أثناء تثبيته كما في (٥) حتي تسمح بمرور الهواء للتبريد وخاصة اذا كان العنصر يعمل عند اقصي قدره له .
- عند استبدال عنصر بالدائرة فإن طرف العنصر الجديد يجب أن يقطع بزاويه تاركا نقطه حاده لسهولة إدخاله بالثقب والذي من المحتمل أن يكون مسدودا جزئيا من اللحام السابق كما في (٦) .
- يجب تثبيت المكونات التي تزن أكثر من ١٠ جرام بوسائل أخري خلاف اللحام مثل المشابك أو وسائل الربط المختلفه.



شكل (٣-١) الاعتبارات الواجب مراعاتها أثناء تثبيت المكونات علي لوحة التوصيل

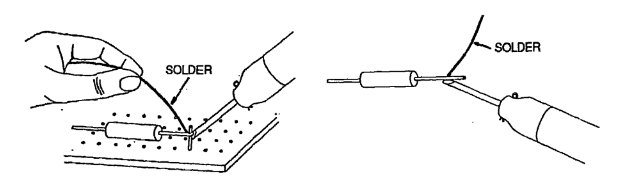
اعتبارات هامه في عملية اللحام

يعتمداللحام الجيد أساسا علي درجه تسخين مادة اللحام والطرف المطلوب لحامه ، حيث تستخدم الكاويه في صهر مادة اللحام ثم ترفع سريعا .

- يجب الاحتفاظ بكاويه اللحام ساخنه (موصله بالقدره) طوال فترة العمل بالدائره وليس بصوره متقطعه أثناء عملية اللحام .

- قبل البدء في اللحام يجب أن تتأكد من نظافة طرف الكاويه من أي ماده لحام سابقه كذلك يجب أن تكون الأطراف المطلوب لحامها نظيفه .

- يوضح شكل (٣-٢) كيف أن إنصهار مادة اللحام يتم بواسطة لمس طرف العنصر نفسه بالكاويه (وليس ماده اللحام) مع وجود مادة اللحام في الجهه الأخري ، أي أنه لايجب أن يكون هناك تلامس مباشر بين طرف الكاويه ومادة اللحام.

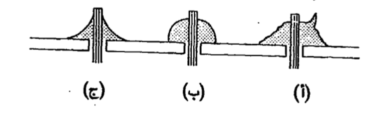


شكل (٣-٢) الأسلوب الصحيح لصهر مادة اللحام

- تأكد أن جميع الوصلات قويه ميكانيكيا حيث أن الغرض الأساسي من اللحام هو تحقيق توصيليه جيده بين الأطراف.
- لاتستخدم مادة اللحام بكميه كبيره حيث أن أقل كميه تكفي .
- لاتستخدم الكاويه في تشكيل نقطة اللحام حيث أن درجة الحراره السليمه واتباع التعليمات المذكوره يعطي شكلا جيدا للحام دون أن تتدخل .
- أثناء اللحام إضغط الكاويه برفق علي طرف اللحام حيث أن التلامس الخفيف يؤدي الي عدم إنتقال حراره كافيه .
- حاول زيادة مساحة التلامس بين الكاويه والطرف المطلوب لحامه بقدر الامكان .
- مادة اللحام يمكن ان تنتشر في النقطه المطلوب لحامها في زمن قدره ثانيه واحده من بدء إنصهارها وعلي هذا يمكن أن يصل زمن اللحام بأكمله من ٢-٤ ثانيه وبعدها ترفع الكاويه مباشرة خشية أن

تؤذي سطح اللوحه المطبوعه نفسها بسبب الحراره الزائده .

- من الضروري عدم تحريك نقطة اللحام أثناء الانصهار وذلك حتي تبرد والا سوف يتصدع اللحام وهذا هو السبب الأساسي الذي يتم لاجله تثبيت الاسلاك ميكانيكيا قبل اللحام .
- النفخ الخفيف علي نقطه اللحام يعجل بتبريدها ويتلافي فشل عملية اللحام كما ذكرنا سابقا.
- نقطة اللحام الجيدة يجب أن تظهر نظيفه ولامعه ومقعره ، ويوضح شكل (٣-٣) الاحتمالات المتوقعه حيث نجد أن الشكل المحدب للحام في (ب) يشير الي حراره غير كافيه أو زياده في مادة اللحام أما الشكل المعتم الخشن مع وجود زوائد فإنه يعني درجة حراره زائده كما في (أ) .



شكل (٣-٣) الاحتمالات الممكن حدوثها لنقطه اللحام

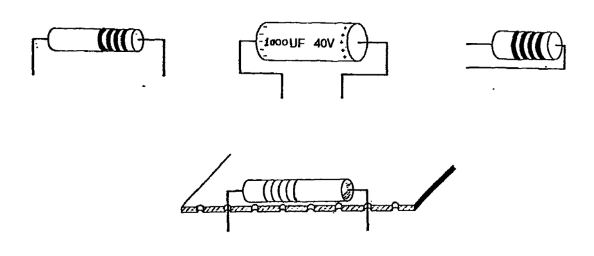
(أ) وجود نتؤات في اللحام مع خشونته بسبب الحراره الزائده

(ب) لحام محدب يشير الي درجة حرارة منخفضه أو مادة لحام زائده .

(ج) لحام جيد لامع وناعم ومقعر الشكل .

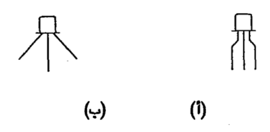
- لاتحاول إحداث أية إجهادات علي نقطة اللحام بعد اللحام مباشرة لإختبار جودتها وإنما إعط فرصه لكي تبرد تماما ثم إختبرها بعد ذلك .
- اذا كانت هناك أية أطراف متبقيه من العنصر بعد اللحام ، أقطعها حتي لاتؤدي الي متاعب فيما بعد.
- تحتوي مادة اللحام علي مادة مساعده (flux) تساهم الي حد كبير في تسهيل عملية اللحام وفي حمايتها من التآكل فيما بعد .
- تكون العناصر المصنعه من أشباه الموصلات (مثل الثنائيات diodes والترانزستورات) في غاية الحساسيه لارتفاع درجة الحراره وهنا يجب الالتزام بالمقننات المسموحه في استخدام كاويه لحام منخفضه القدره مع تحقيق عملية اللحام بأسرع مايمكن .

- أثناء تثبيت العنصر في الدائره قبل اللحام يجب الأهتمام بتثبيته جيدا مع مراعاة قطبية التوصيل (الموجب والسالب) اذا وجدت .
- يجب ثني إطراف العنصر بدقه أثناء تثبيته بواسطة العده المخصصه لذلك (زرديه رفيعه الأطراف) ويظهر في شكل (٣-٤) بعض الطرق المستخدمه في تثبيت العناصر علي اللوحه المطبوعه والتي تخضع لأبعاد ومسافات المكونات علي اللوحه المطبوعه .



شكل (٣-٤) بعض اشكال تثبيت المكونات علي اللوحه المطبوعه

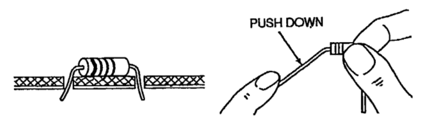
- يجب توجيه الاهتمام أثناء ثني أطراف العنصر حيث أن ثني طرف العنصر عند نقطه التقاؤه بجسم العنصر نفسه يمكن أن يؤدي الي فصل ذلك الطرف داخليا ويظهر ذلك واضحا في شكل (٣-٥) بالنسبه لأحد الترانزستورات.



شكل (٣-٥) (أ) أسلوب التجهيز الصحيح لأطراف العنصر بعيدا عن جسم العنصر نفسه .

(ب) أسلوب خاطئ في تجهيز أطراف العنصر يؤدي الي فصل الإطراف داخليا .

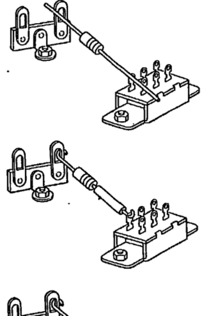
ويوضح شكل (٣-٦) أسلوب ثني أحد طرفي المقاومه بالطريقه الصحيحه .



شكل (٣-٦) أسلوب ثني أحد طرفي المقاومه بالطريقه الصحيحه

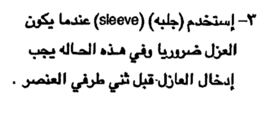
أمثله تطبيقيه

- تشرح الخطوات التاليه أسلوب تثبيت العنصرمن طرفيه استعداداً للحامه

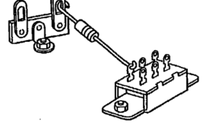


١- أقطع أطراف المقاومــه (العنصــر) بالطول المناسب بين نقطتي التثبيت .

٢- ثبت طرفي العنصربين نقطتي التثبيت.

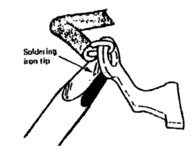


٣- إستخدم (جلبه) (sleeve) عندما يكون العزل ضروريا وفي هـذه الحـاله يجب إدخال العازل-قبل ثني طرفي العنصر .

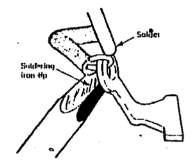


شكل (٣-٧) اسلوب تثبيت احد المقاومات من طرفيها إستعداداً للحامها

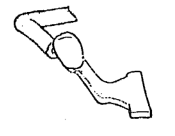
توضح الخطوات التاليه أسلوب لحام طرفي العنصر المثبت بالحلقه



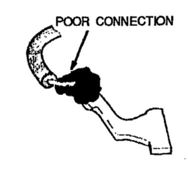
١- إلمس طرفي العنصر المطلوب لحامه باستخدام الكاويــه بالكيفيــه الموضحــه بالشكـــل



٢- إلمس الجهه الأخري من الطرف المطلوب لحامه بمادة اللحام وانتظر حتي تنصهر مادة اللحام .



٣- ارفع الكاويه ومادة اللحام وإترك نقطة اللحام حتي تبرد تماما ولاحظ أن نقطة اللحام يجب ان تكون ناعمه ولامعه .



٤- اذا كانت نقطة اللحام ضعيفه وتبدو معتمه وخشنه كما بالشكل ، أعد تسخين نقطة اللحام باستخدام الكاويه حتي تأخذ الشكل المطلوب .

شكل (٣-٨) خطوات لحام العنصر المثبت بالحلقه

فك لحام المكونات الاليكترونيه من الدوائر unsoldering

نحتاج في بعض الأحيان لنزع أحد المكونات التالفه أو المطلوب إستبدالها علي اللوحات المطبوعه ، في هذه العمليه يجب أتباع الأتي :

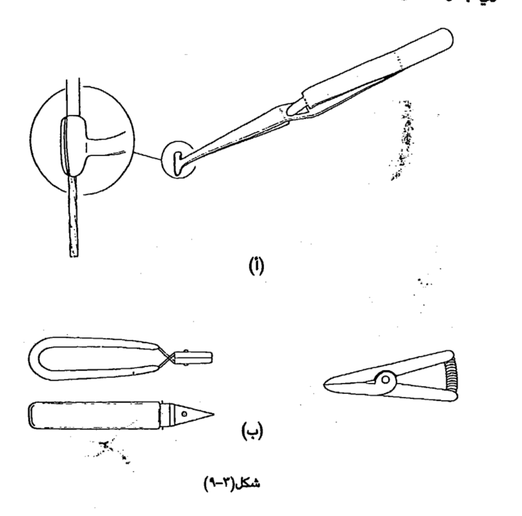
١- الامداد بالحراره:

إضغط طرف الكاويه برفق علي نقطة اللحام لكي تنصهر بأسرع مايمكن ، ويمكن إستخدام مشبك التسريب الحراري (heat-sink clips) بالنسبه للأسلاك التي يمكن أن تتعرض لتلف العازل.
لاحظ أن خطوط النحاس المطبوع علي اللوحه يمكن أن تتأثر بالحراره الزائده التي يمكن أن تصل الي اللوحه المطبوعه أثناء فك اللحام لذلك يجب إتمام عملية النزع بأسرع مايمكن وتأكد بعد ذلك من أنك لم تصيب اللوحه المطبوعه بأذي .

٢- نزع اللحام

بمجرد إنصهار مادة اللحام إستخدم الشفاط (sucker) لامتصاص مادة اللحام المنصهره ، هنا تجد أن التوقيت الصحيح يؤثر كثيرا حيث يجب أولا التأكد من إنصهار مادة اللحام بالكامل لأن تدفق الهواء من الشفاط (sucker) يعمل علي تبريد اللحام ومن المفروض تجنب تسخين نقطة اللحام مره

أخري بقدر الأمكان .

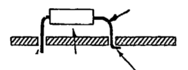


شكل(٣-٩)

(أ) أحد الأدوات المستخدمه في ازالة عزل الأسلاك بطريقه صحيحه
(ب) بعض نماذج من مشابك التسريب الحراري المستخدمه لتفادي اتلاف المكونات الاليكترونيه او عزلها أثناء التعامل بكاويه اللحام

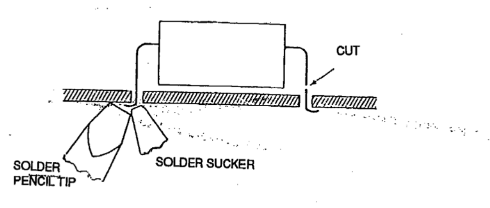
٣- رفع العنصر من الدائره

في بعض الأحيان يكون طرف العنصر مثني علي اللوحه المطبوعه كما في شكل (٣-١٠)



شكل (٣-١٠) يشير السهم الي أحد أطراف العنصر مثني علي اللوحه المطبوعه

هذا الأسلوب في اللحام يجعل من الصعب سحب العنصر من علي اللوحه المطبوعه ، في هذه الحاله لاتحاول إستخدام العنف في جذب العنصر بشده وانما يمكنك قص طرفي العنصر كما هو موضح بالشكل (٣-١١) عندئذ يمكنك نزع العنصر بسهوله ثم نزع الجزء المتبقي من الجهه الأخري بالأسلوب العادي ، وتكون هذه الطريقه مناسبه اذا كان من غير الضروري الأحتفاظ بهذا العنصر فيما بعد ، اما اذا كان من الضروري الأحتفاظ بالعنصر فإنه يمكن تسخين نقطة اللحام ثم فرد السلك المطوي بأحد الأطراف الحاده بينما اللحام في حالة انصهار عندئذ يمكنك رفع العنصر بالطريقه العاديه .

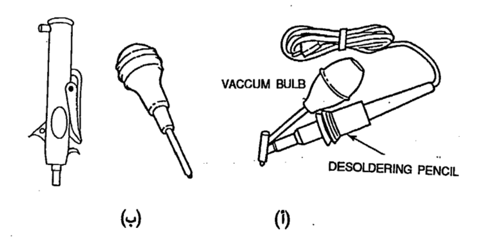


شكل (٣-١١) نزع الطرف المثني من علي اللوحه المطبوعه

لاحظ في الشكل السابق وضع كاوية اللحام لكي تصهر نقطة اللحام كذلك وضع الشفاط المستخدم في شفط الماده المنصهره .

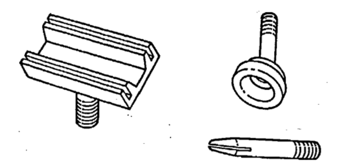
ويظهر في شكل (٣-١٢) بعض انواع كاويات اللحام والشفاطات المستخدمه في العمل علي الدوائر

الأليكترونيه.



شكل (٣-١٢) (أ) كاويه مزدوجه تحتوي علي طرف لصهر اللحام بالإضافه الي الشفاط
(ب) نماذج من الشفاطات المستخدمه علي نطاق واسع

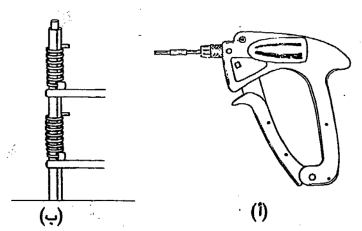
ولتسهيل عملية فك المكونات من الدوائر تم أبتكار بعض الأطراف بأشكال خاصه تلائم بعض المكونات الأليكترونيه ويتم تركيبها علي كاوية اللحام ، وتظهر بعض هذه الأطراف في شكل (٣-١٣)



شكل (٣-١٣) بعض الأطراف المصنعه بأشكال خاصه لتسهيل فك المكونات الاليكترونيه

اللف بالأسلاك (wire wrap)

هذه الطريقه في التوصيل مألوفه جدا في بعض أنواع التوصيلات ، وفي هذه الطريقه لاتستخدم عملية لحام وانما يتم فيها تعرية جزء طويلا نسبيا من السللك ولفه حول طرف التوصيل ستة لفات او أكثر باستخدام عده مخصصه لذلك كما في شكل (٣-١٤)



شكل (٣-١٤) (أ) العده المستخدمه في لف السلك حول طرف التوصيل
(ب) شكل السلك بعد التفافه حول طرف التوصيل

ويراعي في هذه العمليه أن يكون طرف التوصيل مربع الشكل وحاد الحواف حتي يحقق التلامس الجيد مع السلك الملفوف

الدوائر المطبوعه

تستخدم الدوائر المطبوعه كقاعدة يتم توصيل المكونات الاليكترونيه عليها حسب الدائرة المطلوب تنفيذها وقد كانت هذه العمليه تنفذ سابقا باستخدام الأسلاك التي تربط بين المكونات وبعضها ، وبالطبع كان ينشأ عنها بعض الصعوبات والمشاكل التي تلاشت تماما باستخدام الدوائر المطبوعه .

خطوات تصنيع الدوائر المطبوعه

١- إدرس مخطط الدائرة جيدا ثم ضع مكوناتها علي شيت من الورق .

استخدم قلما ملونا لتحديد مكان كل من المكونات بدقه ، ارفع المكونات واعطي علامه علي مكان كل جزء باستخدام رقم الجزء نفسه (علي سبيل المثال R2 ، C5 ، L1 ، ، .....) باستخدام قلم من لون مخالف ، ارسم الخطوط التي تعبر عن اسلاك التوصيل بين المكونات وبعضها ثم تأكد من مطابقتها للرسم التخطيطي للدائره .

٢- إثن أطراف المكونات المستخدمه في الدائره بعنايه وحدد المسافات المطلوبه بين الأطراف بدقه ، أرسم دائره صغيره عند كل نقطه سيثبت فيها أحد الأطراف بقطر يتراوح بين ١/٤ ، ١/٨ بوصه.

وصل هذه الدوائر ببعضها طبقا للخطوط المطلوبه باستخدام خطوط سوداء ثقيله (بُسمك ١/٨ بوصه) ، استخدم المعدات والأدوات الهندسيه الملائمه لرسم الخطوط والمنحنيات .

ملاحظه :

يعتمد مقاس الدوائر الصغيره وسمك مسارات التوصيل علي الدائره التي تقوم بتنفيذها ، ويمكنك من خلال شكل (٣-١٥) التعرف علي النسب الصحيحه لابعادالرسم علي اللوحه ، لاحظ ايضا عدم تقاطع

أي مسارين علي اللوحه ، وهي نقطه اساسيه يجب مراعاتها منذ بداية العمل علي الدائره .



شكل (٣-١٥) دائره مطبوعه كامله يظهر عليها الدوائر
الصغيره يصل بينها مسارات التوصيل

٣- اقطع جزءا من اللوحه الرئيسيه المغطاه بطبقة النحاس بالابعاد المطلوبه للدائره باستخدام قلم من طراز 4H وورقة كربون انسخ الخطوط المرسومه سابقا للدائره علي اللوحه المغطاه بالنحاس وباستخدام قلم (pointed pincel) ضع علامه عند مركز كل ثقب مطلوب علي اللوحه .

٤- باستخدام مثقاب (NO.4) ثقب كل الثقوب المطلوبه لتثبيت المكونات وتخلص من أي بقايا ناتجه عن عملية التثقيب .

٥- ارسم مسارات الدائرة باستخدام طلاء مقاوم للأحماض (acid resist) ولعمل ذلك استخدم فرشاه رسم (no .2) أو أحد الأقلام التي تعمل بحبر مقاوم للأحماض وإتركها حتي تجف .

٦- ضع اللوحه في المحلول (Fe cl3) Ferric - chloride (بجاذبيه نوعيه قدرها 1,41) لمدة ساعه او ساعتين ولا تترك اللوحه في المحلول لمده أطول . قلب اللوحه وادرها مرات عديده باستخدام زوج من الملاقط او الكلابات .

٧ – أرفع اللوحه وإفحصها بالنظر جيدا ثم اغسلها باستخدام ماء نظيف

٨ – نظف الطلاء المقاوم للحمض باستخدام قطعة نسيج مشبعه بالتنر أو الكيروسين .

٩ – باستخدام مثقاب (NO 54 wire drill) ثقب مكان علامات الثقوب

١٠ – ثبت الأجزاء ، الحمها وإقطع الأطراف الزائده منها وفي ذلك التزم بتعليمات وارشادات اللحام المذكوره سابقا

ملاحظه

يجب استخدام المحلول في وعاء من الزجاج مع توفير تهويه جيده ، ويجب ابعاده بقدرالأمكان عن جلدك وملابسك .

المراجع

* M.SLADDIN ELEMENTRY ELECTRONIC 1981.

* GEORGE H.OLSEN MODERN ELECTRONICS MADE SIMPLE.

* THOMAS L. FLOYD ELECTRONIC DEVICES.

* CHARLES A.SCHULER ELECTRONICS "PRINCIPLES AND APPLICATION".

* HOWARD H. GERRISIT TRANSISTOR ELECTRONIC U.S.A.

رقم الايداع ١٩٩٠/٢١٩٦

الترقيم الدولى ٧ ـ ٢٢ ـ ١٨١٠ ـ ٩٧٧

مطابع دار المعارف

